

Title	公共構造物の設計管理システムに関する基礎的研究(Dissertation_全文)
Author(s)	岡, 尚平
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1984-05-23
URL	<a href="http://dx.doi.org/10.14989/doctor.r5304">http://dx.doi.org/10.14989/doctor.r5304</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	author

# 公共構造物の設計管理システムに関する基礎的研究

昭和58年10月

岡 尚 平

# 公共構造物の設計管理システムに関する基礎的研究

昭和 58 年 10 月

岡 尚 平

## 公共構造物の設計管理システムに関する基礎的研究

### 1. 序 論

1-1 研究の目的と意義	1
1-2 研究の内容と構成	7

### 2. 公共施設の計画策定論

2-1 公共施設の公共性とは何か	10
2-2 公共施設の種類と整備水準	21
2-3 大阪府下における道路整備の変遷	32
2-4 大阪府下における鉄軌道整備の変遷	48
2-5 土木構造物の開発史	66
2-6 交通施設の社会資本としての評価	76
2-7 まとめ	88

### 3. 公共施設の設計論

3-1 計画・設計に際しての要因分析とその対応策	92
3-2 強度設計論の体系	122
3-3 本来機能を発揮するための余剰施設	138
3-4 企画・設計・施工・管理と連ながる時系列的各段階における課題	145
3-5 設計におけるモデル化	155
3-6 まとめ	161

### 4. 公共構造物の機能劣化を防ぐための配慮点

4-1 公共構造物の計画・設計段階における配慮点	166
4-2 重要構造物におけるシステム（道路橋構造）	190
4-3 軽易構造物におけるシステム（道路附属としての標識とその構造柱）	202
4-4 モノレール軌道におけるシステム（軌道構造本体施設）	226
4-5 まとめ	250



5. 公共施設の信頼性と余寿命	
5-1 土木構造物に内在してくる問題点の発見法	258
5-2 発見した破損・破壊をどのように評価するか？	269
5-3 破損・破壊の発見から対策完了までの時系列	281
5-4 構造物の破損・破壊の発見と評価判定システム	286
5-5 信頼性を高め余寿命を延ばすための方策	297
5-6 まとめ	312
6. 結 論	314
謝 辞	321

## 1. 序 論

### 1-1 研究の目的と意識

集団で生活を営む地域住民にとって、公共の福祉を享受するための必須の社会資本整備として、土地利用のために地域を用途別に区画すること、それら区画別けされた地域相互間の便利な交通を確保することが基本的な事項である。道路・鉄軌道などの路線施設はそれらの供給手段として公共性の高い土木施設である。そして道路・鉄軌道施設にふくまれる個別の施設をとりあげてみたとき、それらは一朝一夕に構築されたものでなく、遠い時代の人間集団の需要を満たすために開発整備された既存の公共施設を、現代の人間集団がその便益を享受しながら改修・改造を加え、将来の人間集団へ引き継いでいく供用期間の長い基礎的な社会資本である。これらの固定施設は地域の集団としての人の生活態度と様式に大きな影響を与えるとともに、便利な施設の運用・利用が新しい需要となって技術開発を促進し、その結果 高効率を提供する個別施設の提供と その普及が繰り返されて、換言すると ハードの具体の公共施設整備がソフトの機能を高め、それによって新しく発生したソフトの需要を供給するためハードが開発される循環が、華やかな人類の歴史の発展となってきた。

このような認識にたって、資質内容が超長期に及ぶ土木施設として、道路及び鉄軌道施設をながめるとき、そのなかには多種多様、しかも多量の土木構造物が含まれている。これらの土木構造物は建設年次の施設整備水準に基づいて建設されているが、長期間に亘って供用されるので、その間には建設時に予想しえなかったような供用方法の変化変遷を経ながらも、常に整備目的である土木構造物としての本来機能の保証と耐力強度の保証という2本柱の信頼性を保持し続けなければならない重要度の高い社会資本である。

いま一つの個別体としての土木構造物の誕生から 供用と消滅に至るライフサイクルを考えてみた場合、図1.1 のように施設整備のための潜在需要の発生からその集約整理を経て、具体的に施設の規模が住民参加という公共性の場で議論され、採択されて計画がまとまる。次にはその計画に従った建設と、機能と安全度が確められたうえに供用されて社会的便益を提供する。供用期間中には社会変化変遷に対応したさまざまな影響をうけるが、施設管理者の維持保守、補強による回生作業等を経ながら人間の一生には比較できない長期間にあたって供用されるのが普通である。そして施設の機能と耐力強度、あるいはその他の原因で供用の廃止が決まり、残財は新しい別の施設への入替撤去か、あるいは文化的観光史跡として存続するかとなってライフサイクルを終える。地域における人の生活活動は同類の高性能のものを求める需要が絶えず発生しているのが通常で、そのためには新しい施設

としての土木構造物が計画され更新・置換されて、次に誕生した施設は前述と同様のライフサイクルを経ながら次の時代へと引き継がれていく。

一つの施設が誕生するとき、建設年代の需要と将来予想される土木構造物が遭遇する状況に応じた整備水準で計画され建設されるが、土木構造物の供用期間が長期で建設年代で定められていた整備基準値あるいは予想を超える現象に遭遇することも屢々である。従ってこれらの現象にたいしては土木構造物の計画・設計にあたってさまざまな要因分析を行って改良が加えられ、設計管理に関する一つのマスタープランに従って設計作業がされることが多い。そして、従来は設計管理にあたってのマスタープランの段階で、予想される多種多様の需要とその供給法を確立して、その手続に従って計画をまとめてきたが、土木構造物のなかには、従前の汎用的技術のみでまかないきれないもの、あるいは新しい技術開発による個別的な性能を要求するものもあって、これらの個別特性が従来との組み合わせのなかで、新しい特性を表すものも多い。このような新しく潜在要求にたいして、設計管理に関する設計作業手順の各要因を需要としてのデータを入力するとその結果として成果が出力されるシステム設計が開発されてきているが、さらにこの考えを発展させ 検出された要因を元のシステムに組み入れることによって次の新しい出力としての成果を得ること、さらに同様の作業を繰返すことによってシステム設計における各段階での評価・判断にかかる各要因の優劣度評価判断基準と さらにはシステム構造の改修改良を自動的に処理できるシステム開発ができることになれば、社会のソフト面における近代化としての変化変遷に、ハード面の施設が十分即応できるように進んでいく可能性がある。このことは公共の福祉として社会需要にたいする供給施設が 幾分かの紆余曲折をも許しながら 常に時代にたいする最適化としての理念に立脚した設計管理手法を提供することができるようになる。

このRenewal System流れ図を表すと図1.2 の通りとなる。すなわち既存の公共施設としての土木構造物を中心に計画策定論、整備水準と設計論、設計建設手法、維持管理作業 及びその他の段階における要因分析とその内容の解析 及び各要因相互のもつ優先度を整理して評価・判断を加え、その作業途中で土木構造物以外の相似・類似物（生態系としての樹木の種類と幹・枝の発育の実態からの構造系、鉄道車両・船舶・航空機の殻構造における外力と応力の極限としての最適化の研究等）からの発想も加え、土木構造物の施設供用中に生じたさまざまな現象データを整理加工したシステムを作成する。初回は設計に関する諸条件を入力すると、そのシステムに従った結果を得るが、そこで得た各要因の評価・判定要因を元システムに追加すると、改訂された新しいシステムを得ることになる。この作業の繰返し、あるいは時代の変化にともなう社会事情・地勢特性が加味されていくと入力する

図1.1 一つの公共施設の誕生から供用と消滅に至る

ライフサイクルにおいて発生する要因の流れ図

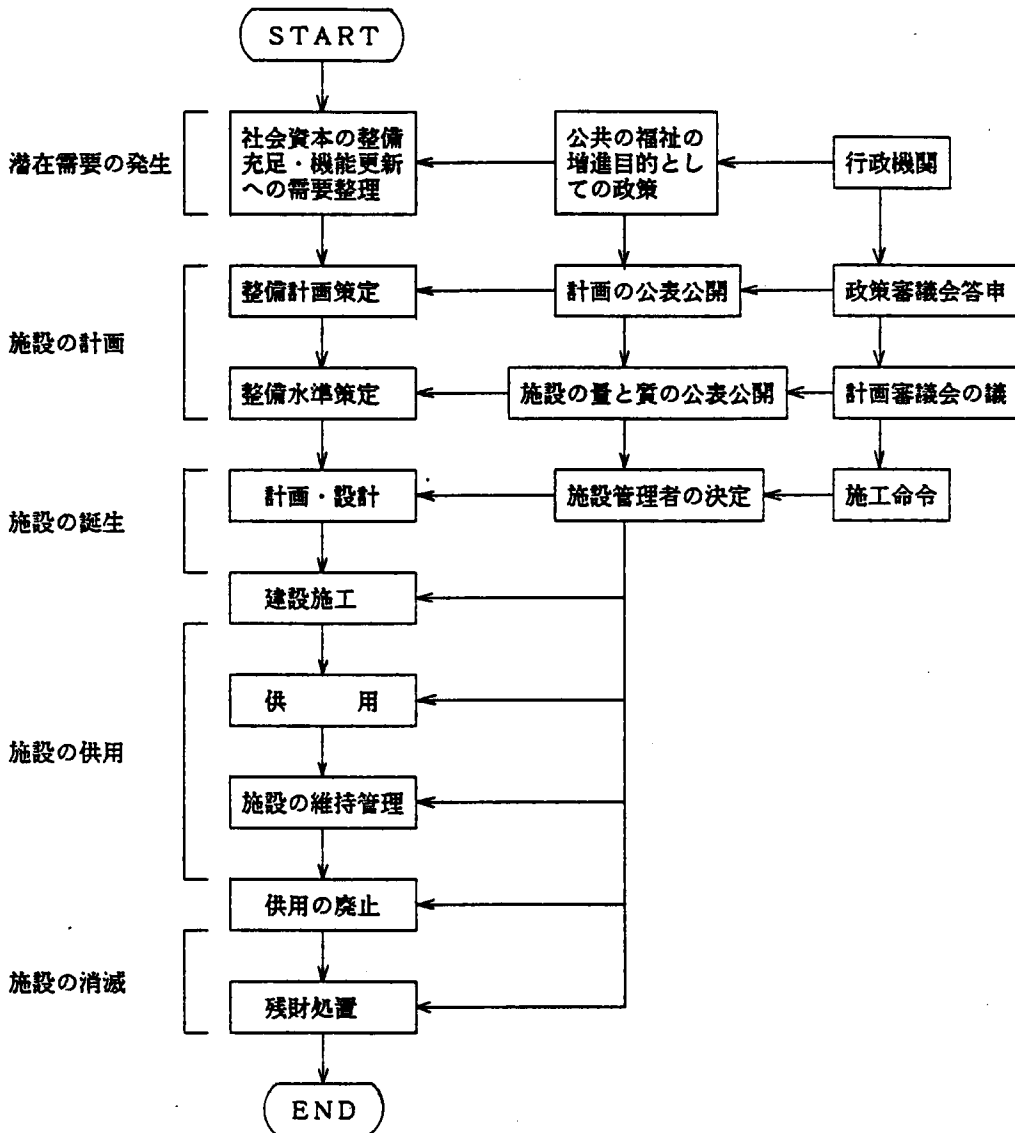
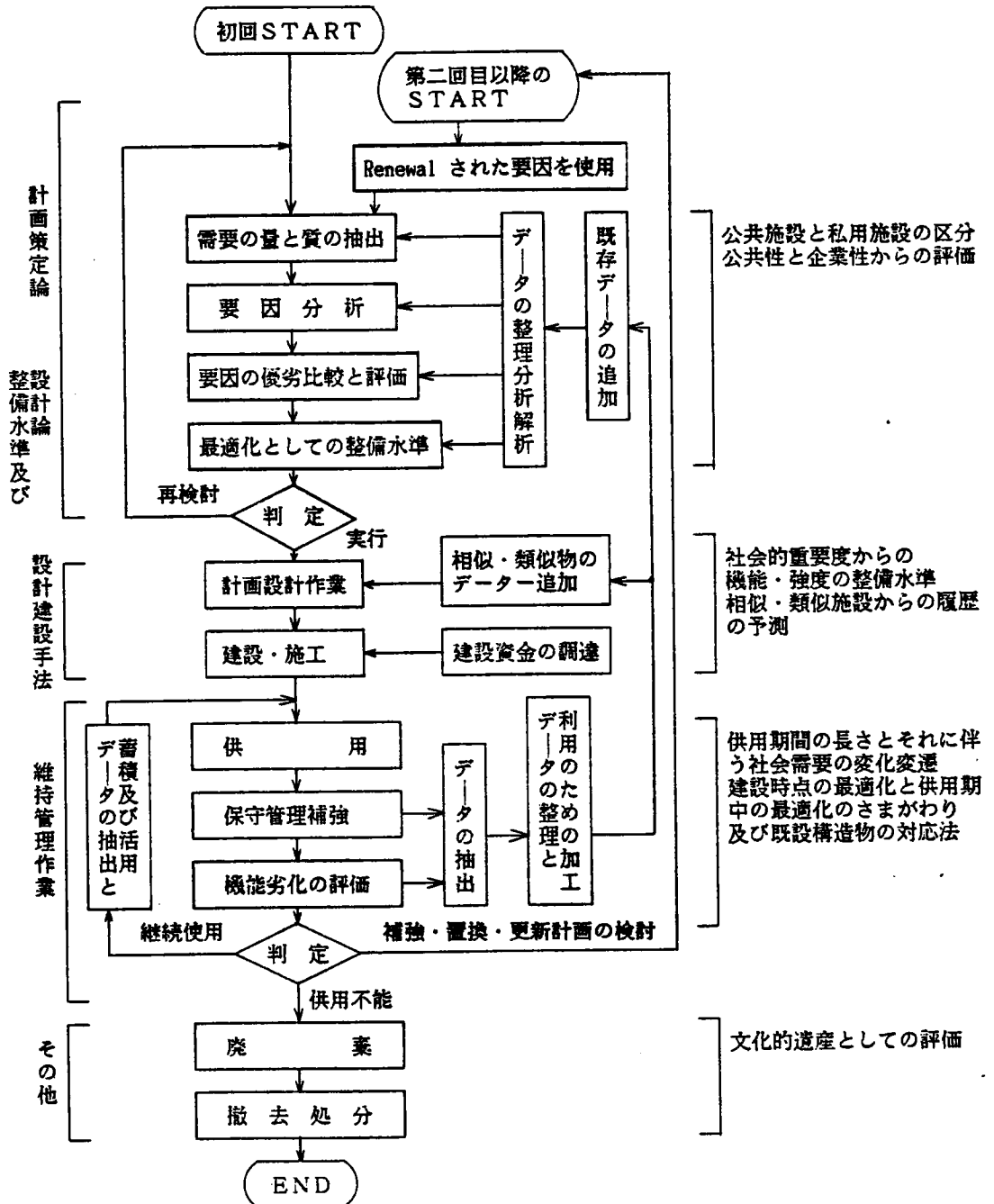


図1.2 本研究が意図する土木構造物の設計管理に関する  
Renewal Systemの要因流れ図



データ形式は顕著な変化がなくても、元システムを基本型に供用時代にたいするRevised Systemに改訂され、このRenewal Systemによる最適化として評価・判定された作業が行なわれるので、時代の最適化に即応型の土木構造物にたいする設計管理手法ということができる。

以上の目的のために個別の土木構造物を社会資本としての規模の巨大・軽小度、機能の専用・汎用型、社会的備品としての重要・軽易度、構造系としての複雑・単純度、主要使用材料の材質としての弾・塑・脆性度、構造部材断面としての力学的挙動・応答、土木構造物建設地点の周辺環境とくに地盤支持による影響度、周辺開発による反応度 等々の複雑多岐な要因に分析分類して、今後計画にとりかかる土木構造物についての時代変化にたいする順応性を求められるようなSystem作りを目指した。

一方、路線施設整備が一部の社会集団によって一応の満足感を与える量までの整備水準に達したとして、量の拡大に伴って行なわれていた質の改良をふくめた公共事業への投資が、経済成長政策の主要素からも遠ざけられ、その開発事業財源も枯渇化があらわれると、地域社会で道路、鉄軌道施設の整備のための交通路線空間も限定化され、その機能高上には現有の固定された空間のなかでの施設質の管理及び更新手法が重要視される時代の兆が現れてきていると考えられる。

すなわち、施設整備手法として、需要に対応する供給方法として、新しい空間に土木構造物を建設したり、老朽施設はそのまゝにしておいて、併列の近傍に新設施設を整備することによって機能の向上と施設の更新を行った時代が去ると、既存の構造物を建設後の経年による社会需要の量と質の変化や、老朽化に対してどのように保守補剛しながら施設のもつ本来機能の信頼性を確保するか、いいかえると公共施設の社会的位置付を再認識しながら、既存の老朽施設をどのようにして更に長期間の供用に耐えさすか、そのために探るべき管理者の手段方法は何であるか、また、これから得られる知識を活用して新設構造物の設計管理について、どのような目的意識による整備水準をとるかなどの具体策と行動を問われる時代がそこまできている。

その意味において、主として新設構造物のために提供されてきた現行の基準・示方書・情報類を総括しながら、改めて企画・設計から、廃棄更新に至るまでの各段階について、個別の土木構造物にまつわるライフサイクルの各段階に生じるさまざまな事象を時系列的に総括し、従来ややもすると手薄になりがちであった既存施設の機能保全と回生補剛にたいする問題点を、構造物の全体系と構造部材の局部に発生する現象を、使用材料の弾・塑・脆性の材質特徴をふまえて欠陥を検索すること、ならび周辺地域開発が構造物に及ぼした影響の程度を、筆者が長年に渡って施設の設計・建設・管理にた

ずさわった体験をもとに、改めてそれらの事柄の評価判定を行うにあたっての要因の抽出と分析を行い、既存構造物についての考え方の特徴を説明するとともに、今後同種の課題にたいする対応方法としての組織態勢のあり方、新設構造物にあたって負荷検討追加を加えておくべき事柄を述べた。

このことによって、土木構造物にたいして外的負荷要因としての供用法及び周辺地域開発状況による影響と、その内的応答要因として構造物の破損・破壊の評価判定が得られるので、既存施設の本来機能にたいする信頼性の回復と、保守管理システムの改良による余寿命の延長への対策が建てられるとともに、新らしく計画される土木構造物についても、これらの集積された情報の活用によって将来課題としての信頼性の保証を容易にすることができるので、公共施設を管理する団体にとってもその意義は大きいものと考えられる。

こうした整備計画、整備水準、建設計画、維持保守と管理などにわたっての要因分析とその優先度、選択性等の作業の積み重ねから、全体をみるという努力の蓄積が長年月にわたり、予算措置をともなった実施可能な改修計画が多くの土木構造物に適用されるときに、はじめて既存の公共施設についての信頼性の確保と、新設構造物の計画に際して経済的にも、必要かつ十分な最適化を主要因とする解法を導くことになる。

## 1-2 研究の内容と構成

公共構造物の設計手法としての従来の取り扱い法は一つの手順手法が既に確立されていて、構造型式が決定されると、与条件の設計荷重基準値をもとに、技術指導書に従って構造部材断面を選び、応力度と構造系たわみ変位を求める格一的な一連の作業によることが多い。しかしながら個別の構造物を中心としてみた場合、竣工後の長い供用期間の間には、さまざまな外的現象と内的応答を受けている。これらの諸条件を抽出し、その要因を分析・解析し、改めて優先度の評価判定法もふくめた設計管理手法をシステム化し、その基本システムに沿って公共構造物を見直すことは最適化のための近道である。このような観点にたつて、改めて既存公共構造物の履歴を調査し、その要因分析を行って、今後取り組まれる新設公共構造物にたいする設計管理と既存構造物の信頼性の評価・判定に資するよう試みた。

以上の目的のため公共構造物のLife Cycleにおける一連の要因として、公共施設の定義を明確にしながら、整備計画策定論、整備水準決定論、機能と強度についての設計論、具体的な設計作業における配慮点、既存構造物の強度保証にたいする信頼性に分けて研究した。そして、それぞれの特質特性を構成する要因を巾広く求めながら 最適化をえた公共構造物の設計管理システムを目指した。

まず、第2章においては集団で生活を営む人類にとって公共施設とは何かを定義つけることからはじめた。人間集団の公共への慾望は風船玉のように その具体の形状が地形地勢、その時代の経済・文化の発展の程度、等々のさまざまな要因によって複雑多岐で定まった形を感じにくい。そこで需要を外側に、これを供給する固定施設をいろいろの断面を持つ多面体球になぞらえて、公共施設の公共性とは何かを探るために、公共と私用、公共性と企業性、公共性の持つ意義、公共資金の内容について区分して、公共施設として位置付を得るための選別条件を整理した。

次に公共施設のうち 広域大阪圏の発展と道路・鉄軌道の路線施設の変遷を詳述して、これらの路線型公共施設は地形・地勢の天地創造の天然造形物に支配されることを、永年に亘って同じ計画策定意識にたつて、放射・環状線の組み合わせとしての路線網整備の再生・更新が行われてきたことを述べる。また、これらの施設は行政団体による公共事業及び事業経営者としての企業事業の双方がふくまれるが、いづれも公共資金が投入されていることに触れる。

路線施設に多くふくまれる土木構造物に注目し、その技術開発の歴史を繙きながら、発展史を顧ると、需要と供給は高効率化への開発と運用・便益との循環であること、また、技術開発の成功例の裏側には失敗例・事故例もあって、これが科学技術の発展に欠かせない刺戟であったことは見落せない。



以上のように 施設整備の計画策定論と技術開発史は 需要と供給の循環システムであるので、基本システムを作成しておいて、その構成要因を需要と供給、あるいは開発の成功と失敗の評価を加えていくと、回生・更新される。すなわち Revised/Renewal されていくことを詳論する。

公共施設の計画策定論は広域地域にさまざまな刺激と影響を与えるので、その評価・判定の手続法が、公共性の定義として、整備される施設によって直接的利害をうける住民を除いた公的に任命された幅広い専門家を集めた集団の多数決論によってまとめられ公表公開されることを述べる。

第3章は公共施設の整備水準及び設計論である。公共福祉の需要はさまざまな形で表われる複雑多岐なものである。従って この需要を供給する施設もさまざまな機能と影響を及ぼすことになる。その各々の要求を整理し、整理できた数だけ需要要因の面があるとする、供給施設は需要要因をうけた多面で構成される立体形で、その大きさ、面の数、面の形状は、目的意識によってゆれ動いているとともに、面相互のもつ要因要素が立方体の内部で互に交錯し融合している。また、多面立方体の面のそれぞれは、さらに本来目的・機能、余剰施設、副次目的・効果、波及効果の4つの表面を持つ3角錐と意識される。このように需要と供給の複雑な交錯を、どのように整備分析して、第一義の目的・機能に整理していくかについて、著者が大阪モノレール軌道の車両型式を決定するに際して実施した作業流れ図を用いて述べる。

公共施設は公共福祉の提供として、施設利用の安全性の確保は必須条件である。したがって、法律にも明確に記されている。しかし、施設利用方法が汎用的か専用的かに従って、設計基準値を法令で定める規定（道路法）と、認可による規程（鉄軌道法）が存在するとともに、近代化してくるとこの混合型（モノレール軌道）が出現することにも触れる。

このように公共施設は機能と強度の2面からの安全性の保証が求められているが、具体的な施設に例をとって、その配慮要因の項目の横への広がり、時系列的な段階における縦への深まりとの立方体にたいして総合的な要因分析の必要性を強調するとともに、建設時点は予想しにくかった不可抗力的な外力現象にたいする行政団体の取り組みの実績を述べる。

さらに、公共構造物としての土木構造物は、消耗部品のように破壊試験によってその目的機能を確認することがないので、計算法あるいは実験室実験による設計管理法として、実際の構造物とSimulation Modelの相似性が問題となる。初等力学による単純棒の力学挙動など日常は相似律に無頓着な部分もあるが、複雑構造系になると材料材質の弾・塑・脆性と応力・ひずみの実験域、変位・ひずみの関係など、隠れた部分での相似性が見落されやすいので、水理現象による相似律係数を例にしてその重要性にふれた。

第4章では実際の構造物の取り扱いを中心に、機能劣化を防ぎ、信頼性を高めるための設計管理システムにおける配慮点を、著者が担当した土木構造物にふれて述べ広く注意を喚起した。

構造物の取り扱いにたいして国内、国外で刊行されている示方書・指針類を分類し、数多くのものがすでに普及していることを述べる。このように取扱い法が準備されているが、土木構造物の事故例はあとを絶たない。外国の事故例の報文を統計処理したA.D.Blockerlyによると、事故の原因は、設計担当技術員の資質、施主の整備水準意識、施工業者の施工能力、材料材質の問題等が指摘されているが、さらにわが国においては土木構造物の建設後の供用方法の変化、周辺地域の開発等も等閑視できないことを述べる。

次に汎用利用施設を社会備品度の高い、規模の大きい基幹施設としての道路橋と、整備目的が補完的で、他の社会需要の本来目的にも併用しやすい道路の案内標識構造をとりあげ、その需要要因の整理分析と設計管理にかかるシステム設計を例示した。後者については、著者が構造設計に至った経過、目的意識を整理して開発した装置、標準図集と、大阪府警察本部と共同して実施した事業成果についても触れる。

また、専用利用施設としてのモノレール軌道本体である土木構造物の設計管理システムについて、訴訟となった事例から、構造設計の整備水準を決定する哲学的意識のまとめ方と、これをシステムの取扱いによって土木構造物の構造設計としての主要部材断面の断面形状決定までの順序を、著者の経験を用いて述べ、類似の土木構造物に対する設計管理システムへの提案とした。

第5章では竣工し供用中の既存の土木構造物が、経年中にどのような外力をうけているか？。また外力によってどのような現象挙動を示しているかの具体例について著者の経験をもとに述べるとともに、施設管理者が今日の課題として、数多くの既存の供用中の土木構造物の信頼性の評価・判定法について、具体的な提案を行った。また、基幹施設の整備にあたって枚方大橋の建設を担当した著者の経験から類似構造物の調査によって、新設橋が具備しなければならない設計条件・整備水準のあり方を提言した。

以上 公共施設としての土木構造物がもつ要因を考えると、個別施設がうけた外力・現象には差異があるが、これらの要因を分析・整理すると、誕生から消滅に至る一連の経過は同様である。そこで、これを基本型とし、施設存続中に発生したさまざまな現象の原因を解析し、そのデーターを加工して原システムの要因に置換・追加挿入する作業を繰り返したRevised Systemは、現在の土木構造物の社会にたいする最適化のための管理システムとなるはずである。この作業を繰り返したRenewal Systemは次回への適用に連なるので、順次回を重ねたRevised は有効である。すなわち、Revised /Renewal /Recycle が求められる。本研究はこの理念にたって公共施設としての土木構造物の設計管理システムに関してその基礎的な諸問題を考究したものである。

## 2. 公共施設の計画策定論

### 2-1 公共施設の公共性とは何か

公共施設の整備に関する計画策定論を進めにあたって、先づ人の社会集団に便益を与える公共施設とはどのようなものを意味しているかを明確にする必要がある。

そこで、公共と施設に分けて考える。言葉の持つ意味を明らかにするために、土地地域にたいする人為的工作物としての施設と、その反対の意味を持つ天地創造による地形とを対比すると表2.1 のようになる。まず、天然造形の山脈 河川 平地に代表されるような地形は、地殻変動に際した隆起 陥没 浸蝕 堆積と、これらの運動を助けた風 雨 地震等の外力とが現代において均衡したものであって、自然の風情がおりなす風景は、外的と内的な応力が平衡状態を保ったとみることができる。したがって、この地形を自然造形にあまり逆らわない範囲での利用は当然限界が早く達してしまう。これにたいし、都市部の開発状況に代表されるように、集積の利益をできるだけ活用するために自然発生としての風 雨 地震等の外力に耐えうるように建造物に関する技術開発を進め、地形に定められた汎用性の基準、あるいは専用目的のために耐える強度の人為的に工作物を建設したものの施設という。これらの施設の規模及び性能は当然建設の時代の技術力によってきまり、その施設の整備水準の量と質も社会集団で代表される公共の全体的な利益としての福祉の水準から決まる。またこれらの施設は供用年限による自動的な老朽化、あるいは 社会の近代化による施設機能の他動的な陳腐化から機能補強のため回生作業や更新作業が加えられる。またこれらの施設は整備、建設の目的によって機能、強度にたいする対応が異なる。

次に公共にたいするものは私用である。施設そのものが持つ、直接的便益を広い社会集団の福祉としての求める公共性と、施設建設の目的を狭い限られた範囲における利益の追及とする企業性がある。これらの語意を並らべて対比すると表2.2 のように、事業あるいは施設の持つ機能内容から公共性 企業性と、その中間的な存在として公共的に分類される。しかしながら これらの語意の持つ定義の間には明確な一線がなく、各々の性格が漸次混合しながら次第にそれぞれの性格付を明らかにしていくという意味では成分は混成している。

筆者がここで取りあげようとするのは公共性の強い施設にふくまれる土木構造物の要因とその判定評価である。表2.2 で示した事業の種類からすると公共性とは広域の人の集団の福祉を意味しているので、本来その施設は政府固有の非収益性の事業であって施設の整備そのものが地域にたいする治水 防災施設としての河川堤防のように、政府行政庁が整備すると他の私人がこれを購入することも出来ないし、またする必要のないものや、土地利用の促進も兼ねて地域区分のために設置された道路路線のように、地域境界を示すとともに、平面区画街路のように、一般公衆の交通の用に供するものもあ

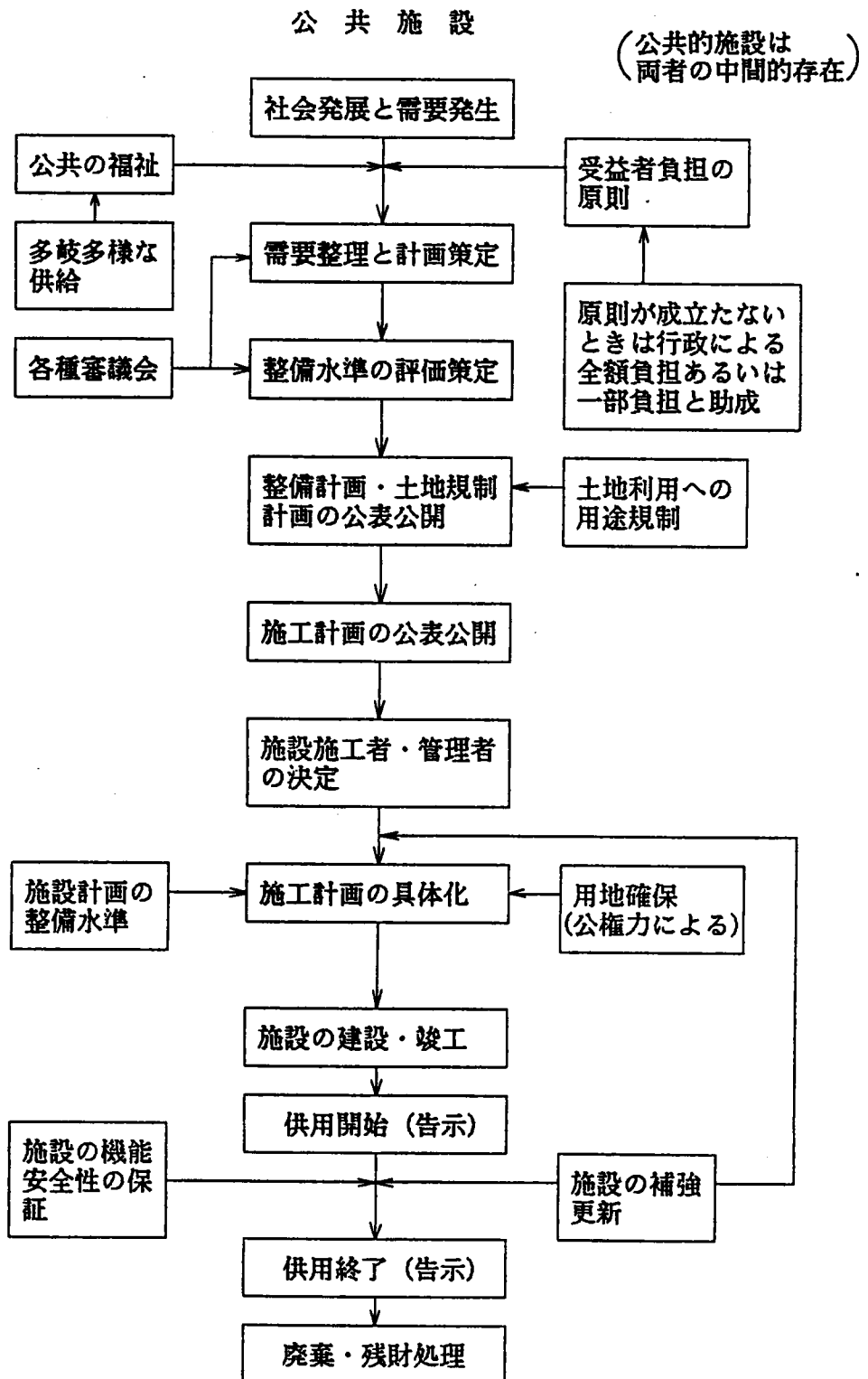
表2.1 施設と天然造形物の対比

	施設（人為的工作物）	天然造形物
発生の形成の 由来	自然地形、地勢に自然発生外力にたいして耐えうるように、技術開発手段による人為的加工を加えることによって人にたいし利益を集約化するため施設	地球形成に際して自然発生する風 雨 地殻変動などの外力と自然な均衡によって落着いた形状の地形 地勢
開発手段と 利用方法	ある限られた範囲の地域に、社会の利益の集約増進として、人為的工作物を自然の地形 あるいは既存の工作物に重ね合わせることによって更に利益にたいする機能性能を追及する能動的な施設	大型でない規模の補正修正加工を加えることによって、天然造形による地形 地勢を如何に効率的に利用できるかという受動的なもの
供用にたいする 考え方	人為的工作物の機能、規模の開発拡大によって与条件にたいし量と質で克服しようと試みる施設	天然状況から与条件として決められた量と質によって利用の範囲 程度が決められる地域地形
回生 更新にた いする考え方	与自然の与条件にたいする人為的工作物の機能規模の継続発展につながるように施設の回生 更新を実施	自然の外力の規模にさからわない程度での消極的利用
環境への対応	工作物としての造形美の追及	自然景観としての自然との調和を尊重した取り組み

表2.2 施設が示す公共性、公共的、企業性の比較

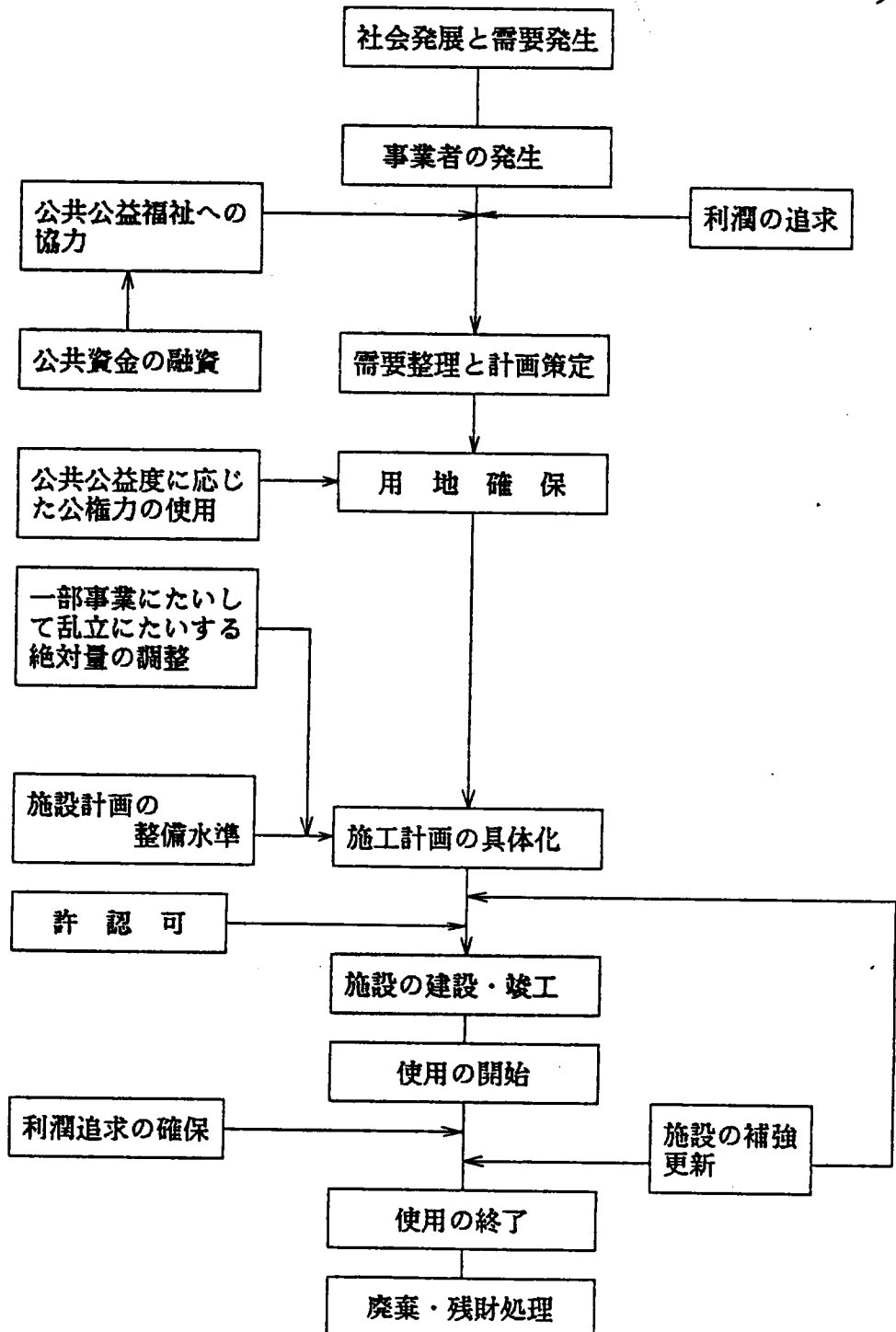
	公共性 (Public Goods)	公益 (Quasi-Public-Goods)	企業性 (Merits-Goods)
事業の目的	国土の健全な発展のために 資源の最適化 再配分を目的とする	公共性と企業性の間にあって 両者の特質を追求する	利益の追求
事業の内容	一般公衆が公共の福祉のために 使用利用するためのもので政府固有の 本来的非収益事業 1. 誰かがそのサービスを購入 取得すると、もう他人はこれを 購入出来ないもの (例 河川の 堤防) 2. 料金をとらずに一般公衆の 利用を許可するもの (例 平面 道路)	両者の中間的存在であるので 一般には行政庁による許可 認可事業 (例. 電力 ガス 水道などの 公益事業 鉄軌道など特許 免許事業)	特定の個人・法人が特定目的 のため建設整備し利用する もので、経営の安全 企業の 成長のため競争性と排除性を 前面に出した事業
事業の性格	1. 費用の巨額性 2. 半永久施設 (転用不可能) 3. 価格変動の弾力性が少ない もの 4. 外部周辺地域にたいする 影響度が高いもの	1. 半永久施設 2. 公共料金として変動抑制 価格 3. 外部周辺地域にたいする 影響度が高い	1. 収支採算からみた投資額 2. 利益追求可能期間の設置 3. 変動型自由価格 4. 施設内容によって影響度 が異なる
事業例	道路 河川 空港 港湾 治山治水 海岸保全	通信施設 高速道路 公共 住宅 エネルギー施設 鉄軌道 水道 用水	民営住宅 生産工場

図2・1 公共施設 私的施設のライフサイクルにおける要因分析



# 私 的 施 設

(最適化要因の順序  
優先度が異なる)



る。これらの事業は国土の健全な発展と国民全体にたいする資源の最適な再配分を目的とするもので、整備の目的としては、

1. 快適で便利な生活環境の確保
2. 安全で健康な生活の確保
3. 適正で効果的な資源の再配分
4. 自然環境、文化遺産の保全
5. 所得と富の公平な配分
6. 安定した雇用の確保

を目指したものである。事業の性格として、巨額の事業投資によって地域に密着した施設として工作される道路、河川、海岸保全施設であるので、その利用にあたっては生活の基盤として通常、料金によってこれをまかなうことは少なく、限定された地域目的のために建設整備される極くわずかな受益負担を稼すことができる施設（例えば利用法がほぼ限定された細街路などのようなもの）以外は公共資金で整備されるのが普通である。

このような公共性の事業に対比して個人、法人の利益追求としての企業性とは、施設内容が同様であっても、整備の目的が本来企業の経営の安定と成長のために他の同種の利益追求団体との競争を排除しながら競争に打ち勝つものを指している。従って 企業性を掲げた施設は、投資額及び投資機会とも企業者の施設建築にたいする目的意識によって整備水準が決められる。

これら両端の事業性格の中間的存在として公共的事業がある。鉄軌道 電信電話 電力 ガス等エネルギー施設、上下水道に代表される公益事業である。本来受益者負担の原則を貫徹する要因も多いが、施設の一部には専用所有としての整備がむづかしいものがある。たとえば 電信電話線、水道管のような巾の細い長い施設が地域サービスのために専用土地を確保し、他の施設にたいする排他行為が行なわれると、地域の土地利用に大きな障害となる。従って そのための土地確保には難点も多く、また逆に確保しようとする事業者としての負担額を越える。このような場合は公共的性格のため道路の一般交通の支障にならない上空あるいは地下埋設の占用を基本にしている。このように公共性と企業性を兼ねそなえるが、その境界線として事業のどこまでを公共事業として負担するか、どのような事業を優先させるかによってその性格付けが決まる。

次にこれらの公共事業、公共的事業及び企業性事業が必要とする施設整備は、どのような段階をふまえて社会的に認知されるかについてまとめたのが図2.1 である。

公共性の事例として都市における道路街路をとると、その量と質についての施設整備水準がそのま



まその地域に住む住民の公共の福祉を享受する水準を表現している。従って、施設整備水準を決めるにあたっては施設規模によって行政官庁が異なるが 通常 行政庁の長が法律に基づく審議会を設置し諮問する。審議会委員の人数及び委員構成率は法律に基づく取扱い方法が定められていることが多い。審議会答申をうけて行政機関の長は計画策定案を立案し、立法機関の同意をうけてこれを広告する。このような整備水準をうけて計画案を行政庁が作成し、上記と同様の手続によって地方自治体の住民への縦覧に供し一定の法的事務手続を経て官・公報の掲載され権威付けられる。次いで施設そのものの企画設計段階に入って、施設利用の利便さと周辺地域への影響度を定めた政令に基づく建設規定及びそれをさらに詳細に補完する示方書類をもとに、種々の情報を活用して汎用機能及び固有機能を負荷した施設への設計作業を終える。次に現場における用地確保のあと周辺地域への工事に伴う安全性を十分確認しながら建設工事を実施し、供用にたいする機能と耐力の安全性を確かめた後、法律に基づく供用開始を告示、その後の財産が帰属している管理者による維持管理をうける。もちろん、供用期間中における利用者にたいする安全性は公の営造物としての国家賠償法によって保証される。供用の終了はやはり管理者による告示を持って行い、その後施設の取り毀し廃棄が行なわれる。

以上のような公的手続をふまえた諸手段によって取り扱われる公共施設にたいし、企業性追求型の施設、例えば構築構造など生産工場をみると、その整備方針は利益追求の企業性を主要な判断基準として企画計画されて誕生をみる。従って工場建物 工作機械などの耐力 機能については、個別の施設に求められる第一義目的と副次的効果と、周辺環境への影響 あるいは 施設利用の従業員にたいする安全性の問題として 法律に基づく規定あるいは行政庁の事務取扱基準としての規定に従って、企業者の価値判断によって決めた水準を 企業者が届出て行政庁が許可する形をとっている。現場の建設工事及び供用中の安全性についてもこの考え方は一貫している。もちろん施設整備に要した資金も個人法人の信用度で集めたものであるから当然である。

これらの2つの中間的存在としての公共的施設の取扱いは次の通りである。例を鉄軌道整備にとつて進めると、一般公衆の利用にたいして許認可をとった鉄道事業者が輸送の安全性、迅速性、快適性を公共料金として運輸大臣が認可した運賃収入を中心に営業を行う。従って 運輸乗客数と運賃が固定されると、営業にかかる経費を差し引いたものが単純な意味での事業者が資産償却、利益にあてる費用である。輸送利用者数は、経営の健全化のための大きな要因の一つであるから、新線建設整備にあたっては、運輸大臣の諮問による運輸政策審議会で審議され答申される。このことは地域発展、住民の交通移動の実態と将来見通しをもとに主務大臣としての長期見通しを確立しておいて、その範囲における企業家の施設整備及び運輸営業の申請を促進するように助成政策をたてている。従って事業希望の企業家が鉄軌道敷設権としての免許特許を申請し認可をうける。施設整備水準としては、国内

的鉄軌道規格の統一化のために行政庁が数種類の構造基準を定めて、そのなからから企業者がもっとも自分の目的を総括して利便を寄与すると予想される種類を選んで申請し許可する形をとっている。運輸交通運賃は国民生活の基本にかかる公共料金として廉価に押えこまれているので、この逆として新線建設にあたって種々の助成策がある。

公共事業による施設整備は公共の福祉が目的で、そのため中央政府及び国会の予算成立によって予算額が決まる。地方自治体においてもすべて同様の取扱いである。表2・3、2・4、2・5、は大阪府の昭和55年度 56年度の行政諸費における歳入予算と歳出予算で本文でのべる公共施設の建設維持補修にあてられる土木費は約13%~14%である。

公共資金を投資することは収支採算を中心とした狭義の経営的見方とは異なっていて、地域にたいして次のような効果を期待できる。

1. 本来効果：施設効果あるいは生産効果

- ・直接的効果で施設整備によって受ける時間便益、経営便益など直接計量できるもの

2. 副次的効果：事業効果あるいは需要創出効果、相乗効果

- ・間接的効果が、施設整備がされたため、それによって地域開発の促進、在来施設の混乱利用の緩和など地域のマクロ経済開発効果

3. 波及効果

- ・建設事業等の生産性の拡大
- ・地域間の所得の再配分
- ・駅前広場整備のように公共投資による民間投資の融発

以上のように公共事業投資は本来効果、副次的効果及び波及効果を持っている。また本論構成の各段として本来目的、副次的目的、波及効果と余剰施設では図2・2のと通りの目的と効果に分けられる。

企業性事業あるいは公共的事业においても投資については同様の効果が期待される。

表2・3 昭和55年度、昭和56年度府税予算の内訳

(単位 百万円)

区 分	昭和55年度		昭和56年度	
	当初予算額	構成比%	当初予算額	構成比%
事業税	320,040	48.5	348,259	48.9
個人住民税	7,422	1.1	8,695	1.2
法人住民税	312,618	47.4	339,564	47.7
個人住民税	175,053	26.5	192,900	27.1
法人住民税	114,271	17.3	125,805	17.7
自動車税	60,782	9.2	67,095	9.4
自動車重量税	42,335	6.4	44,509	6.2
消費税率	31,796	4.8	35,274	5.0
不動産取得税	24,789	3.8	25,073	3.5
軽油引取税	26,695	4.0	24,656	3.5
府たばこ消費税	18,392	2.8	20,892	2.9
自動車取得税	16,835	2.6	16,440	2.3
その他	3,889	0.6	4,423	0.6
合 計	659,824	100.0	712,426	100.0

表2・4 昭和55年度、昭和56年度一般会計歳入予算自主財源・依存財源別内訳

(単位百万円)

区 分		昭和55年度		昭和56年度	
		当初予算額	構成比%	当初予算額	構成比%
主 源	府 税 入	659,824	55.8	712,426	56.6
	諸 収 入	101,837	8.6	105,567	8.4
	使用料及び手数料	36,216	3.1	39,987	3.2
	分担金及び負担金	13,634	1.2	15,208	1.2
	繰入金	7,630	0.6	7,924	0.6
	財産 収 入	2,274	0.2	2,610	0.2
	寄附 附 金	201	0.0	128	0.0
	繰越 金	0	0.0	0	0.0
	小 計	821,616	69.5	883,850	70.2
依 存 財 源	国 庫 支出金	237,181	20.1	250,117	19.9
	府 庫 償 還 金	94,850	8.0	93,942	7.5
	地 方 交付税	20,000	1.7	23,000	1.8
	地 方 譲与税	6,210	0.5	6,121	0.5
	交通安全対策特別交付税	2,200	0.2	1,900	0.1
	小 計	360,441	30.5	375,080	29.8
合 計		1,182,057	100.0	1,258,930	100.0

表2・5 昭和55年度、昭和56年度一般会計歳入予算款別内容

(単位 百万円)

区 分	昭和55年度		昭和56年度	
	当初予算額	構成比	当初予算額	構成比
教 育 費	427,475	36.2	460,315	36.6
土 木 費	172,732	14.6	171,071	13.6
警 察 費	136,097	11.5	147,921	11.8
諸 支 出 金	128,932	10.9	143,833	11.4
民 生 費	66,469	5.6	71,270	5.7
総 務 費	67,055	5.7	68,070	5.4
建 築 費	47,431	4.0	58,455	4.7
商 工 費	51,521	4.4	51,802	4.1
衛 生 費	39,542	3.4	45,415	3.6
農林水産業 費	19,402	1.6	20,570	1.6
勞 働 費	9,654	0.8	9,112	0.7
議 会 費	2,395	0.2	2,612	0.2
災 害 復旧費	852	0.1	484	0.0
繰 上 充用金	12,000	1.0	7,500	0.6
予 備 費	500	0.0	500	0.0
合 計	1,182,057	100.0	1,258,930	100.0

図2・2 施設のもつ4つの要因の各段階における主な目的と効果

目的及び 効果 段階	波及効果の期待	副次的効果の活用	本来目的の追求	余剰機能施設による補完
整備計画策定論	・土地利用にある種の制限	・土地利用の誘導開発	公共福祉のための社会資本整備	
			・需要内容と供給の量と質 ・社会的位置付と公表公開 ・投資と便益の評価	
整備決定標準			・需要の分析と供給の質と量 ・投資と便益・耐用年数	・将来への対応の自由度
設計設計論作業	・科学技術の振興	・汎用物は技術開発に寄与	・本来性能の追求 ・個有の特性の追求	
建維持・供管理	・民間投資の誘発 ・民政安定・産業振興 ・環境改善	・維持管理・補強技術の向上	・建設技術開発 ・供用による便益	・供用期間中の施設機能の回生

## 2-2 公共施設の種類と整備水準

近代社会において生産性の高い都市部で生活を営む住民にとって公共の福祉を享受できる権利を明文化した基本法に都市計画法（昭和43年 6月15日施行）がある。すなわち 都市における公共の福祉とは「健康で文化的な生活と、機能的な活動を保証し、その遂行のために土地の利用を個人の恣意に委ねることなく合理的な土地利用をはかることを基本理念」としている。計画の遂行のため公共団体には計画の適切な遂行を、住民には計画の措置に協力し、良好な環境の形成に努めることを責務としている。公共団体は土地利用計画をまとめるにあたって表 2・6 で示したように全国的な視野にたった国土利用区分としての農用地 森林 宅地等の地目別区分および市街地にわけ、土地 水 自然などの国土資源の有限性を踏えつつ、地域特性を生かしつつ、歴史的伝統文化に根ざした人間居住の総合的環境の計画的創造を目標とした国土利用計画法並びに国土総合開発法をうけ、公害対策基本法及び占有地の拡大にたいする諸法と開発資金の関係を上位法として取り扱う。

一方、土地利用の促進・増進ができるように用途指定を伴った地域地区の区画割を指定し、開発事業、再利用のための促進事業を行って都市施設を整備し、施設の機能保証が行われるようそれぞれの管理団体によって管理することを義務付けている。区画割内の機能高上のため都市施設の管理者としては、行政庁が直接機能を保証する道路 河川等、企業者が行政庁の指導監督のもとに機能保証をする鉄軌道 駐車場等、及び一部事務組合による下水道等から成っていて、それらが有機的な連絡接続を保っている。これらの都市施設は高い公共性を有しているので、都市施設を都市計画法の手続きによって公告しただけでも、その区域内における新規の建設物を規制するなど強い公権力が与えられている。

他方、これらの強い法的権威による土地利用の土地区画割の手段として利用されるのは、施設自身が路線空間としての内容を持った人為工作物としての道路、鉄軌道及び自然発生要因である河川流水面積を堤防で制限した河川である。区画割に囲まれた地域は土地利用の目的に従って容積率 高度利用などの機能内容に応じる土地規制がかけられている。従って、土地利用実態が高能率・高集積化が行なわれた将来では、一度決められた区画割施設としての路線施設を機能改良しようとしたときでも決られた巾員内での施設改良を求められることも多い。

表2・6 都市計画法関係法令体系と都市施設の種類

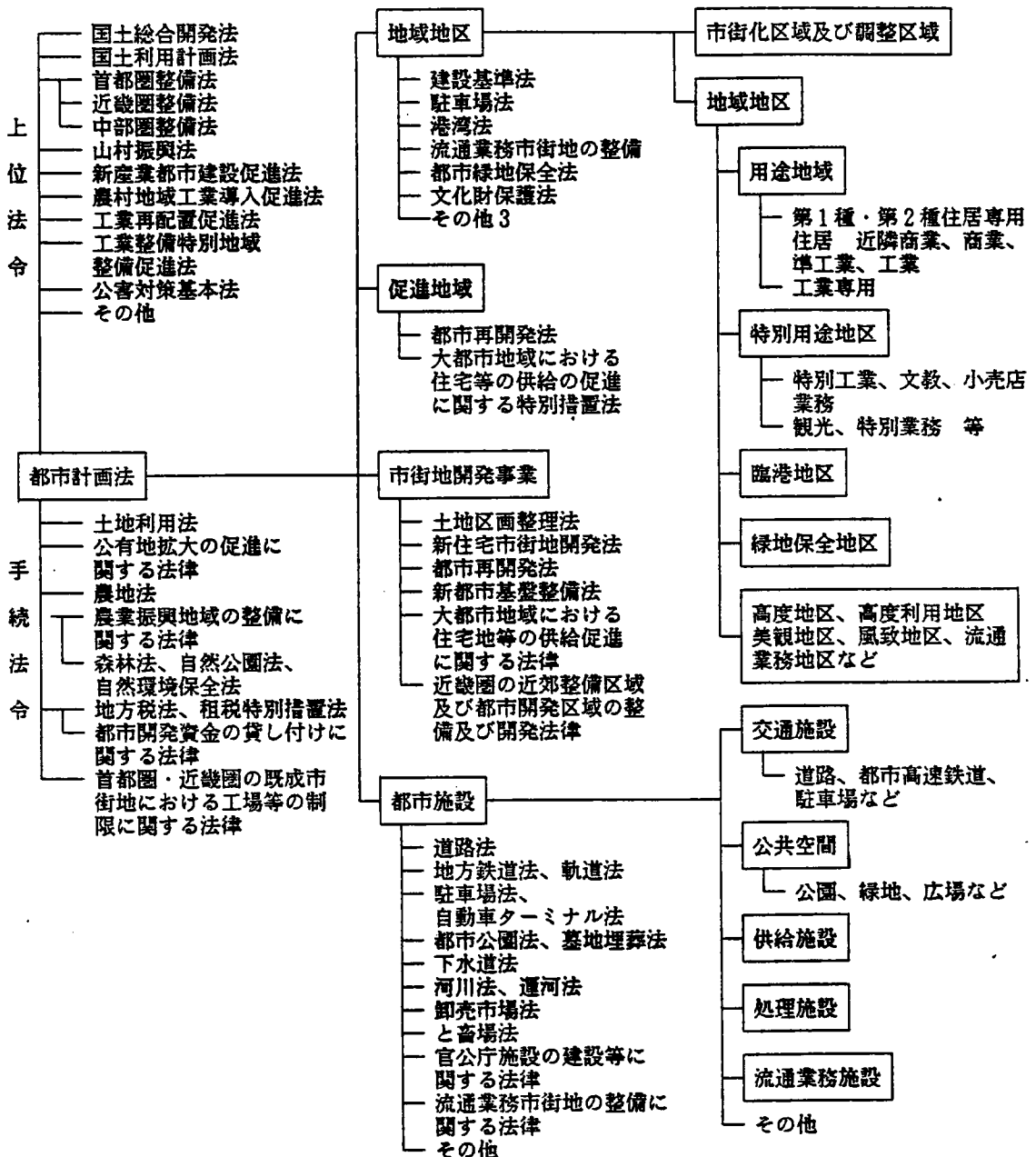


表2・7 施設関係法からみた2,3の種類とその整備基準

都市施設		事業の目的	法律の目的	設計水準	事故発生時の責任
人為的 工 作 物	道路法		一般交通の用に供する道路	構造令(規定)	国家賠償法に従う
	平面道路	公共性	路網の整備を図り、交通の	一般交通に支	行政官庁
	専用道路	公共性 と企業性	発展に寄与し、公共の福祉 の増進	障を及ぼさな いよう基準は 政会で定める	
	鉄軌道関係 地方鉄道法	公共性 と企業性	公衆の用に供する為に敷設 する地方鉄道に適用する。	建設規程	事業者の責任
	軌道法		一般交通の用に供する為に 敷設する軌道に適用する。	官庁としての 取決め	
	国有鉄道法		一般交通の用に供する為に 敷設する軌道に適用する。 国の特別会計をもって経営 している鉄道事業を発展せ しめ、公共の福祉。	— " — — " —	— " — — " —
自然 発 生 物	河川法	公共性	洪水高潮による災害の発生 が防止され河川が適正に利 用され、及び流水の正常な 機能が維持されるよう総合 的に管理し、国土の保全と 開発に寄与し公共の安全を 保持し、公共の福祉の増進		堤体本体は公共施 設であるので、こ れの破壊は国家賠 償法 高水による溢水は 天然現象として災 害とする。
	都市公園法	公共性	設置及び管理に関する基準等を定めて都市 公園の健全は発展を図る。		
	駐車場法 自動車ター ミナル法	企業性 と公共性	施設の整備に必要な事項を定めることによ り、道路交通の円滑化をはかり、もって公 衆の利益に資するとともに都市の機能の維 持及び増進に寄与。		



路線施設としての人為工作物の代表的な施設として道路、鉄軌道をとりあげて、その整備水準を決めるに至る社会活動の整理方法を考える。

いま都市における公共性を論ずるため住民の都市における機能的な社会日常生活として人の移動をとりあげてみると、規則性のある行動があることがわかる。すなわち表 2・8 にまとめたように早朝は長距離間交通旅客、早朝勤務者等のあまり量の多くない移動があり、それに続いて通勤通学など鉄軌道バスを中心とした大量の方向性と迅速を求めた定時性をもった人が移動する。昼間は業務あるいは生活需要のため方向性も複雑ささまざまな移動がいろいろき交通手段を通じて行われる。

夕方になると朝の通勤通学に現われたと同様の現象が帰宅交通となって大量移動する。さらに深夜になると繁華街での娯楽を求めた人、残業による深夜帰宅の人たちが個別交通手段を求めて移動する。

図 2・3 自宅、通勤先・通学先との関連でみた目的別流動パターン（昭和 55 年）

矢印の太さはトリップ数に比例、（ ）内は通勤、登校、自由、業務、帰宅の各目的の生産量をそれぞれ 100としたときの構成比（%）

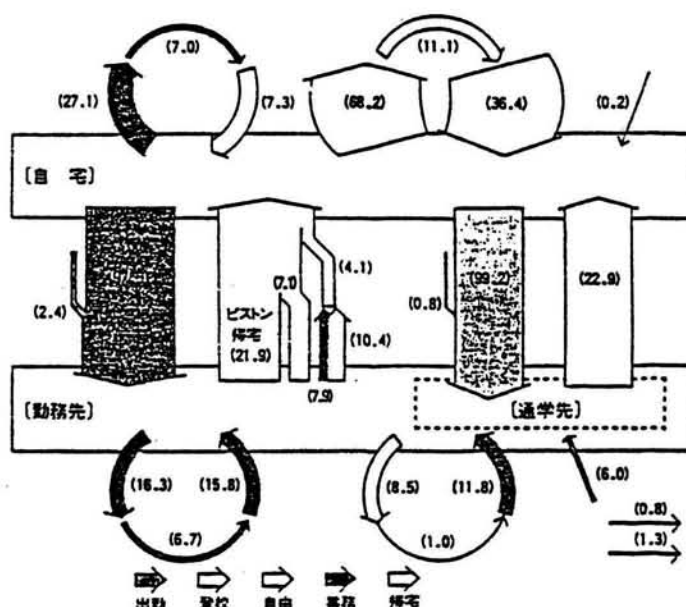


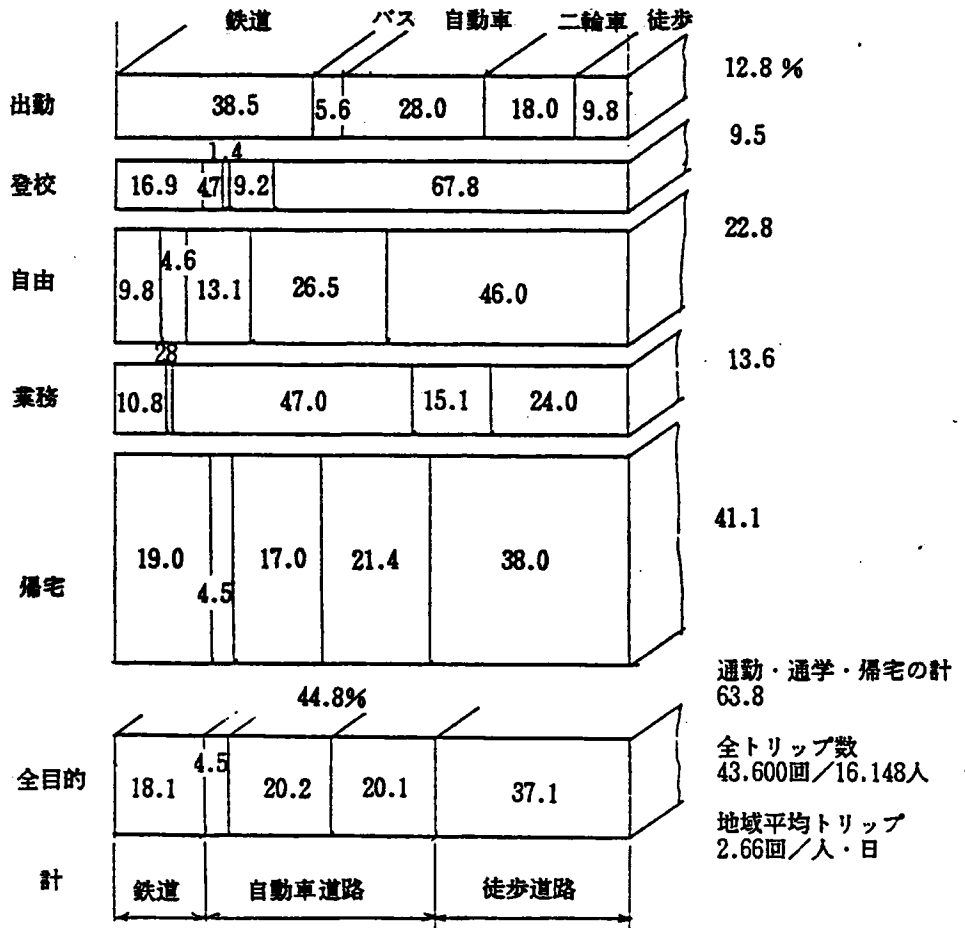
表2.8 都市生活者の日常的な移動需要と供給の形態

		人の移動需要の パターン	供給手段と量における優先度					
			鉄軌道	バ ス	タクシー	マイカー	自転車	徒歩
早 朝 5～7		<ul style="list-style-type: none"> <li>○長距離交通旅客の乗りつぎ</li> <li>○長距離交通旅客の住宅からの出発又は帰宅</li> <li>○早朝の通勤通学者の移動</li> <li>○特殊勤務者の交代</li> <li>○緊急、突発事故の発生</li> </ul>		専用目的のための配車	集中受注システムの開発  ○	Kiss& Ride等  ○		
朝 (ラッシュ時) 7～9		<ul style="list-style-type: none"> <li>○通勤通学など短時間に集中する大量旅客</li> <li>○日常の基本活動のため定時性、迅速性、経済性のいるもの</li> </ul>	基本手段として輸送力増強 ◎	鉄軌道への集配としての役割 ◎	身障者、通院者への対応		バス圏と徒歩圏の隙間をうめるもの ◎	
昼 間 9～16	業務需要	<ul style="list-style-type: none"> <li>○方向など複雑で時間の有効活用の業務</li> <li>○戸口から戸口へ、直行性でトリップが短い都心部の移動</li> </ul>	地下鉄などによる頻度運行 ◎	線路網の多様化によるサービス◎	待ち場所のための駐車場整備 ◎	荷物との共同利用		◎
	都市部 周辺部 都市間	<ul style="list-style-type: none"> <li>○日常生活のための買物、官公庁への所用</li> <li>○教育、文化、スポーツ活動</li> <li>○家庭訪問</li> <li>○学校からの帰宅</li> </ul>	運転方法の多様化広域の高速運転 ◎	ゾーン系統化 専用輸送 ◎	利便性の提供  ◎	利便性、快適性の提供  ◎	レーン確保 置き場確保 ◎	◎
夕 刻 16～20		○勤務からの帰宅	基本手段である快適さの提供 ◎	鉄軌道駅から住宅への配送 ◎			バス圏と徒歩圏の隙間をうめるもの ◎	
深 夜 23～5		<ul style="list-style-type: none"> <li>○繁華街等からの帰宅</li> <li>○残業による深夜帰宅</li> <li>○緊急、突発事態への対応</li> </ul>			適正配車  ◎	  ○		

表 2・9 図 2・3 の百分率表

出 勤	登 校	自 由	業 務	帰 宅	全目的
12.8	9.5	22.8	13.6	41.1	100.0 %
自宅→ 97.6 その他→ 2.4	自宅→ 99.2 その他→ 0.8	自宅 68.2 自由先 11.1 勤務先 10.4 (帰宅途上) " 8.5 (帰宅途上) 業務先 1.0	自宅 27.1 勤務先 16.3 業務先 13.7	自由先 36.4 勤務先 29.0	

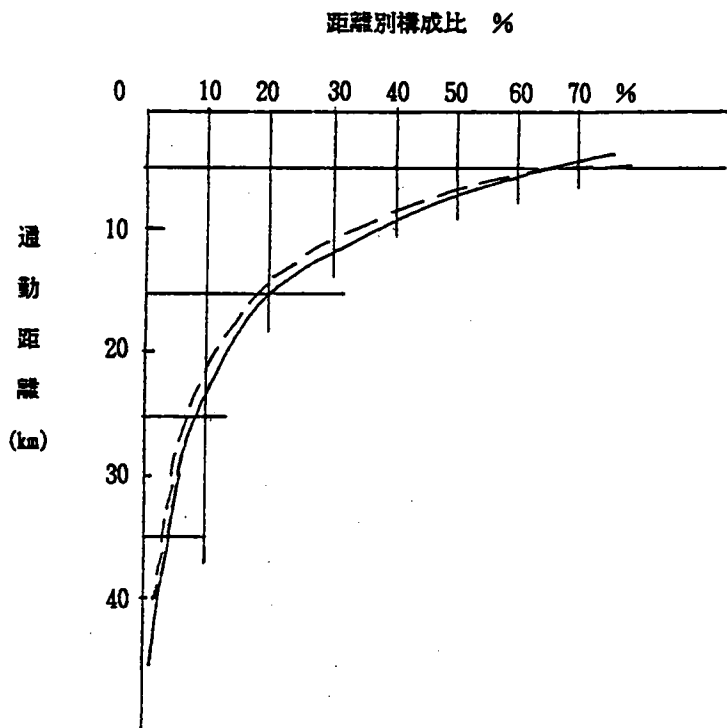
図 2・4 目的別トリップ代表交通手段構成比 (昭和 55 年)



京阪神地域都市圏に住む人について直接アンケート調査法によって、昭和55年における居住地域別1人あたりのトリップ数は表2・11の通りで地域平均として2.66回/日・人で最低2.4回/日・人と最高2.8回/日・人と報告されている。もちろん年才別職業別による地域性は生じるが、農業地域は比較的移動が少なく、都市地域は多い。この傾向は昭和45年の同様の調査においても同じ傾向を示している。

規則性のある毎日の人の移動を目的別に分類するため図2・3のように自宅 勤務先 通学先との関連でみた目的別流動パターンによると、その矢印をもった線の太さで示したように人の全移動量を100%としてみたとき表2・9の通り出勤交通は12.8%で、そのうち97.6%は自宅から通勤先に向っている。同様に登校は9.5%、帰宅は41.1%で、時刻と方向性をもったものの計は63.8%である。以下自由目的 業務目的は22.8%及び13.6%である。このような人の移動の目的を利用した交通手段で整理したものが図2・4で、それぞれの流動目的別の構成比について手段構成比を示している。これらの統計として全トリップ数43,600回/調査対象16,146人についてみると、鉄道が18.1%、バス 自動車 2輪車などの車両による道路利用が44.8%、徒歩による道路利用が37.1%である。

図2・5 通勤距離別構成比 (昭和45、55年)



また通勤をとりあげた距離別構成比は図2・5の通りであった。以上のように京阪神都市圏における調査によっても都市が公共福祉と保証すべき機能的活動的手段としては道路と鉄軌道は公共性が高いことがわかる。

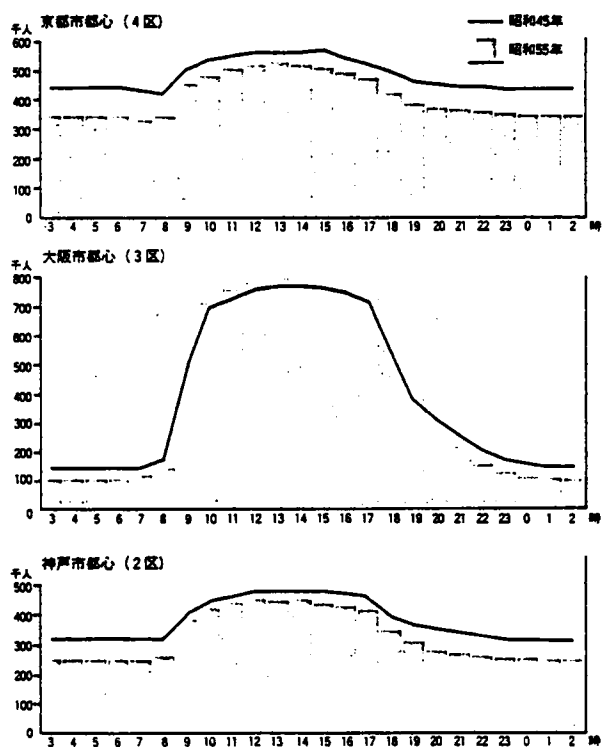
4)  
都市のもつ個別の性格すなわち関西復権のシンホニーを奏でるタイトルとして「大阪は力あふれる情熱的な街、関西の中心としてのリーターシップ」、「京都はめくるみやびで日本と美と文化のメッカ」、「神戸は希望に燃えたつフレッシュさ、海外へのパイオニアの夢」によるイメージ差が都市交通に及ぼしている影響として都心における時刻帯別滞留人口をみると、図2・6の通りで都心部までに住宅地が混在している京都市、神戸市では時間帯による人口密度の変化が少ないのに対して、都心部は業務地化が進み周辺近郊に住宅地が移動した大阪市は、昼夜間時における地域人口密度の変化が大きいので、それだけ毎日の通勤通学帰宅の移動が多いといえる。このことは都市構造として必然的に移動手段の道路・鉄軌道は社会資本として量を要求するとともに、交通の場における公共の福祉のために高い公共性を有しているといえる。

表 2・10 昭和 55 年居住地域別 1 人あたりトリップ数

トリップ数	地 域
2.8	京都市、北大阪、阪神臨海
2.7	京都府南部、東大阪、大阪市、阪神内陸、神戸市
2.6	泉州、東播、中・西播、和歌山県西部
2.5	滋賀、南河内、奈良県北部
2.4	奈良県南部、和歌山県東部

図 2・6 大阪市都心、京都市都心、神戸市都心の人の移動

● 都心における時刻別滞留人口の推移(昭和45年～55年)



公共施設の種類、根拠法と本来目的及び都市における交通・運輸について地域に生活の場をもつ集団の日常の移動パターンによる公共需要とこれを供給する手段としての路線型公共施設としての道路・鉄軌道の利用のされ方について述べてきた。これらの公共施設の量と質の整備計画策定及び整備水準決定の流れ図は図 2・7 の通りである。都市においては他の公共施設との関連も大きな影響がでてきているので、その土地空間利用の指定については、大阪府下では都市計画法による場合が多いし、その他の場合でも都市計画法によるものと類似な手続による。

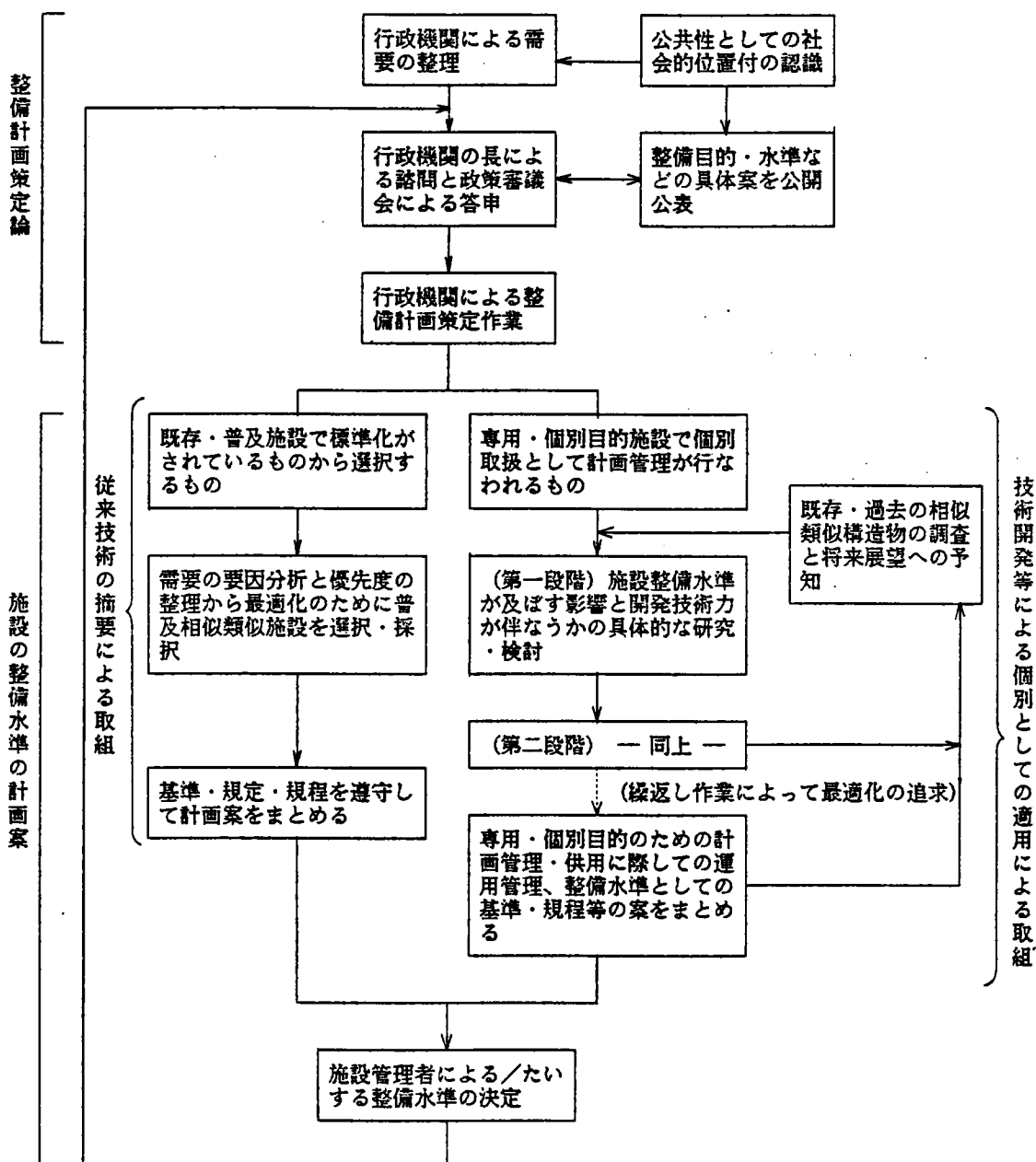
整備計画は事業実施の見通しとしておおむね20年先の将来の地域事情を予測し計画が策定される。行政機関によって大部分の地域住民の影響を及ぼす施設についての需要の量と質を絶えず調査している。そして時期をみて行政機関の長は学識経験者 行政担当者 議会選出委員等からなる法律によって設置されている審議会に諮問し計量指標をふくめた答申を受ける。この答申はそのまま公告公開され一部ではその時期より公共のための土地利用にある制限が加えられる。

審議会にかけられた整備原案は土地規制の意味が強いので、その段階では施設整備予定者にたいする整備水準は極く総括的に含まれているのに過ぎないが、その施設の内味によって既存・普及施設で土木構造物としてのほぼ標準取扱によれるものと、専用・個別目的のために施設の本来目的としての機能と耐力強度について改めて需要要因を満たせるか否かについて具体的試行試算を要するものの2通りに分けられる。前者の場合需要量においても多く、簡便のため標準化のための図書の整備、部材の供給がされていることが多いので、市井の技術者が担当して十分安全性を保证する汎用型に仕上げる。それにたいし後者の場合は、需要のイメージの再度の具体的な選別化を行って、第一段階としての条件整理と適応性を評価しながら構造物をまとめ、機能・性能を判定する作業を数回に渡って繰返し、順次機能・性能を高めていく方法がとられる。その途中においては、既存の類似構造物の履歴を試らべ将来展望への課題を持って、これらの具体的課題を対象計画構造物にあてはめていくことになる。

以上のような二種類の過程を経るが、完成し供用された構造物は適応性・安全性を確かめながら年代変遷に対する供用方法の変化にも適応しているが、絶えず住民ニーズを取扱った都市計画手法等によって検証されている。

これらの手順を経て公共福祉を保证している。機能・性能と土地区画割を行う路線施設として、以下道路と鉄軌道施設について、発展の歴史的経過と整備水準の権威付にたいする取扱い、施設にふくまれた汎用・専用開発された技術と、それを用いた路線施設の供用期間における補剛、回生、更新などについて以下述べる。

図 2・7 公共施設の計画策定・整備水準の流れ図





### 2-3 大阪府下における道路整備の変遷

道路は原始社会では、狩人や農耕人の便利な通行軌跡が道となり漸次集団生活を営むもののなかに公共の福祉を提供する施設としての位置付がされ、集団の管理のもとに軌跡の線型改良やそれにふくまれる構築物の強度増強によって現在の形に発展してきたと考えることができる。すなわち道路は集団生活のなかで自然発生的な起原を持った公衆利用への汎用性の広いもので、施設の運営・管理を行政団体に一元化して帰属させる通行機能と強度保証をそなえた公共施設である。従って道路整備の変遷を考えると地域にたいする交通の方向性としての路線網整備、施設強度にもっとも深くかわる道路車両の諸元、施設機能としての交通運用・管制を保証する構造規格基準、公共施設としての社会的位置付の公的手段、公共投資について述べたい。

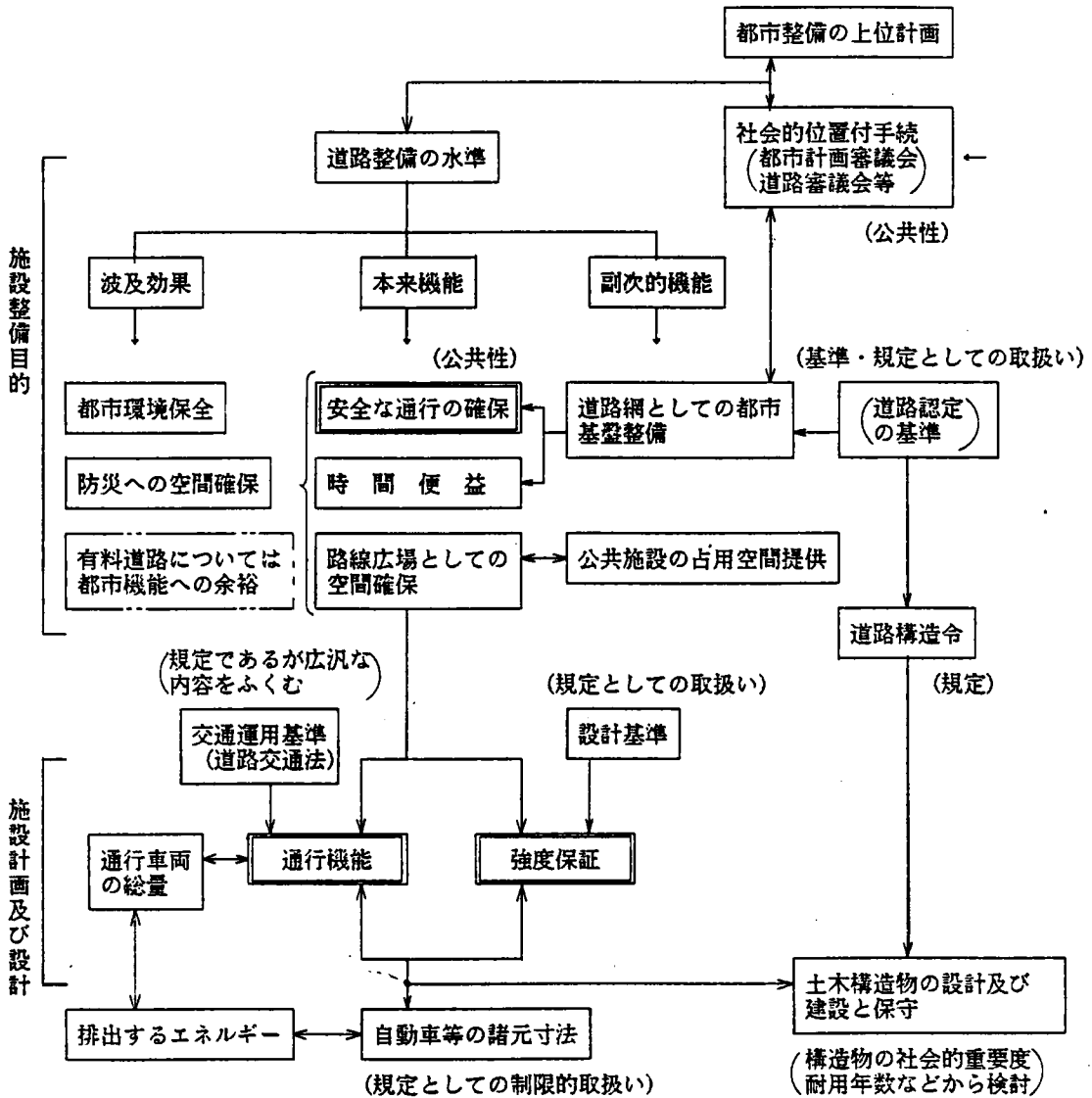
5)

まず、現在道路施設が有している本来機能・副次的機能及び波及効果は次のように理解されている。

1. 総合交通体系の基本施設の一貫として、自動車 自転車 歩行者の円滑でかつ安全な通行で確保する。さらに施設改良による近代化によって時間便益、運用にたいする快適さをも提供する。
2. 機能的な都市活動の基本手段として、合理的な土地利用を図るための区画路線施設として利用され、その結果都市構造の骨格空間と沿道開発による土地利用の促進をうながす。
3. 路面交通に利用されていない道路敷の地下あるいは上空空間は、住民の日常生活に必要な電信 電話、電気、上下水道、ガス等の供給処理施設、あるいは地下鉄モノレール等の軌道施設を収容する。
4. 日照、採光、通風などの機能を果たし、健全な市街地を形成するとともに、都市の美観 環境を守る。
5. 震災・火災等の被害の拡大を防ぎ、また避難消防救助活動の基盤をなすなど住民の安全に役立つ。

いま 道路施設の整備水準と そこに多く含まれる土木構造物としての道路橋を主に、設計計画時に検討しておくべき要因と、その要因項目にたいする汎用的あるいは個別的な取扱い手法をまとめると図 2・8 の通りとなる。道路施設の本来機能は徒歩・自動車による広汎な利用方法にたいする地域交通の確保、安全な通行の確保、路線施設として都市のなかに空間を確保することなどがあげられる。施設の規模によって地域とのかかわりあいも異なるが、いま大阪府域全体をとりあげた広域行政としての幹線道路及びその路線にふくまれる土木構造物に焦点をあてて述べると、施設の計画及び設計の要因は徒歩による歩行者、軽易な交通手段としての自転車利用もあるが、それを上回る耐力強度と通行機能のためその構造設計の主要部分は利用者の個別目的手段によるさまざまな自動車車両の諸元寸

図2・8 道路整備と設計からみた土木構造物にたいする要因と取扱手法



法重量にたいする国が定めた基準値までの強度保証である。通行機能としては当然土木構造物に載荷される車両の重量・台数と走行速度によって発生する外力と運動エネルギーとしての衝撃力などがあって、車両の整備性能との関係では最近騒音排気ガス等へ環境保全にたいする波及課題がクローズアップされている。

路線に設けられた個別の土木構造物のライフサイクルを考えた場合、設計時の計画水準は、広域地域の社会資本整備としての道路網のあり方、すなわち個々の路線の社会的重要度を示す道路認定基準のどの種別に含まれるものであるか、また車両通行帯及びその側方余裕帯としてのある巾員の路面空間を走行する諸条件を満たす道路構造基準のあり方など国として定めた施設にたいするハードな取り扱いと、さまざまな車種構成と重量と走行速度をもった交通運用の複雑ではあるが国としての規定と考えられる道路交通法といわれる車両運用基準のソフト面の双方から土木構造物の計画水準が考えられる。しかしこれらの土木構造物は建設後には長い供用期間を持つものが普通で、その間には社会の近代化が大いに進み、車両諸元重量と交通運用に大きな変化が表れたのが実態である。それでも施設管理者は本来機能の通行機能と強度保証を公の営造物としての国家賠償法によって責任をもたされている。ここに道路構造物にたいする課題の要因が多く潜んでいる。これらさまざまな要因分析を大阪府が担当している広域幹線道路網とそこにふくまれた巨大施設としての道路橋について述べる。

土木構造物の設計及び建設と保守を論じるにあたって、その整備目的としての都市基盤としての道路網整備の年譜表2.11から入る。

馬車・徒歩が道路交通の主な手段であった古い時代を経て、大正7年にぼつぼつ出現してきた自動車車両の通行施設というよりは失業救済活動を主要因として内需拡大を地域整備の公共事業投資を実施しようとした都市計画法による路線空間の確保事業がまず始められている。大正末期から昭和初期にかけての人と物の高速・大量輸送手段はほとんど鉄軌道に頼っていたから十大放射線整備計画は大阪市内部を核都心に放射方向に近郊都市への旧街道筋網の都市骨格空間確保を主とする道路網について、旧施設の代替機能と施設構築物の強度高上というこうともできる。しかしながら社会資本としての道路網整備目的の種々の要因のなかで本来機能と波及効果は同じでもその優先度は異っている。

路線整備水準としての道路巾員は、人家連担地域は両側歩道をもつ車道13mを、その他は両側歩道を省略し、旧街道の拡巾が沿道開発と利用状況から判断して困難でない部分以外は原道拡巾を主にしている。この十大放射線道路網整備計画は表2・12の通りで太平洋戦争前にほぼ整備を終えていた。その道路施設には機能補強のため歩道・中央帯等簡易な施設の改修がされてきたが、広巾員河川を渡

架する巨大橋架設は僅くわずかな機能追加としての歩道部の張出改修があっても強度については建設当時のままか、あるいは建設地点の周辺環境変化の影響によって劣化しているものもみられる。

表2・11 わが国と大阪府における主要路整備制度と整備の年譜

わが国における主な道路制度	大阪府における主な事業
大正 7 自動車取締令及び都市計画法	
8 道路法制定	大正 9 府内務部に都市計画課を新設
失業救済を主とした産業振興のための道路整備事業の推進	昭和 7 十大放射線整備着手
	14 十大放射線整備がほぼ完成
昭和27 道路法改訂	
28 道路整備公共特別財源確保として道路整備費の財源等に関する臨時措置法成立	
29 第1次道路整備5ヶ年計画策定以下順次5ヶ年計画が策定される	29 最初の有料橋として鳥飼大橋開通
31 「道路整備特別措置法」成立 日本道路公団設立	
32 「国土開発縦貫自動車道建設法」成立 「高速自動車国道法」成立	32 名神高速道路吹田～西宮開通
34 首都高速道路公団設立	34 千里ニュータウン建設決定
	35 十大放射線3環状線計画策定
37 阪神高速道路公団設立	43 20年後の都市構造 30+放射・8環状線構想発表
45 本州四国連絡橋公団設立	45 万国博覧会開催 近畿自動車道吹田～門真開通

太平洋戦争をはさんだ前後の時代は 公共施設整備事業への投資事業よりも 既存の構造物の一部に破損・破壊現象が発生しても、構造物全体としての機能保全を補修によって如何に食い止めるかに努力した時代であった。すなわち産業振興用としての超過重量車の載荷を容認しながらもしか道路構造物の通行の安全性をどのようにして保証するかであった。それに引続いた昭和30年代は経済復興の波に乗って自動車車両の大型化し、とくに構造物建設時に採用した自動車設計荷重にたいして土砂運搬用の過積載車の無謀運転などが目にあまる時代であった。

表2・12 昭和初期の大阪府十大放射線

旧道路路線名	現在の道路名	主要構造物と架橋河川名
大阪・尼崎線	43号線	伝法大橋（淀川）
大阪・神戸線	2号線	淀川大橋（淀川） 左門殿橋（神崎川）
大阪福知山線	176号線	中津連続高架橋 十三大橋（淀川） 三国大橋（神崎川） 石橋跨線橋（阪急箕面線）
大阪京都線	大阪高槻京都線	長柄橋（淀川） 吹田橋（神崎川）
大阪生駒線	大阪生駒奈良線	
大阪枚岡線	大阪枚岡奈良線	
大阪柏原線	25号線	国豊橋（大和川）
高槻橋本線	170号線	河内橋（ 〃 ）
大阪信達線	大阪和泉泉南線	遠里小野橋（ 〃 ）
大阪和歌山線	26号線	阪堺大橋（ 〃 ）

やがて昭和27年の新道路法の制定と、道路整備の財源のための目的税（ガソリン税）の導入が採用されるに及んで、次第に新しい道路資本の建設投資も始まった。当時大阪府では簡易暫定措置として建設された木橋の永久化への換替事業も盛んであり、また既存施設の補強や拡巾の必要性にせまられた時代であった。これらの事業は いわば既存施設の機能保全を養蚕貼の処置で回生できるかの応急対策的補強の時代であった。

昭和35年頃に始まった大阪圏の骨格幹線道路網整備としての十大放射線・三環状線計画は自動車時代を迎えるにふさわしい道路網整備事業であった。本来 建設大臣は道路法第79条の規定に従って道路審議会を設置し、「道路整備計画、国道の路線の指定又は道路の構造及び工法その他道路に関する制度を調査し又は審議させる」ことを求められている。大阪府においては同様の主旨によって計画策定されたもので、昭和45年に吹田千里丘陵で開られた万国博覧会の関連事業として、急ピッチで投資整備が進められた道路網で、その路線の現在の進捗状況は表2・13のとおりである。

表2-13 十大放射線三環状線その他主要幹線道路網整備計画

十大放射線三環状線の整備状況

(昭和56年5月1日現在)

路線名		事業主体	全 体 計 画			開 通 延長	進捗率	開 通 区 間
			区 間	市 員	延 長			
十 大 放 射 線	第2阪神 国道  ◎	国・市	西淀川区～ 平野区	m 40～50	km 15.5	km 12.3	% 79.4	兵庫県界～ 阪高大阪堺線 都計加島天下茶屋線 ～西成区太子1丁目 大阪高石線～ 国道25線
	大阪池田線 ◎	府・市	西淀川区～ 池田市	22～46	12.4	12.4	100	全 線
	御堂筋線◎	府・市	北区～箕面市	40～90	14.8	14.8	100	全 線
	十三高槻線	府・市	西淀川区～ 高槻市	20～30	28.2	13.6	48.2	国道2号～ 東淀川区山口町 吹田市の一部 中央環状線～ 茨木寝屋川線
	大阪上野線	府・市	城東区～ 四条畷市	15～25	16.4	16.4	100	全 線
	築港枚岡線 ◎	府・市	港区～東大阪市	40～80	20.1	20.1	100	全 線
	名阪道路	道公	松原市～柏原市	26～28	9.2	9.2	100	全 線
	大阪千早線	府・市	平野区～ 千早赤坂村	16～25	24.3	9.6	39.5	松原市三宅町～ 富田林狹山線
	松原泉大津 線	府	松原市～ 泉大津市	30～60	15.6	1.9	12.2	大阪臨海線～ 第2阪和国道
	第2阪和 国道	国・ 阪公	浪速区～ 阪南町	23～36	48.1	43.9	91.1	第2阪神国道～ 櫻井川
放 射 線 計					204.6	154.1	75.3	
三 環 状 線	大阪 ◎ 内環状線	府・市	豊中市～ 住之江区	m 20～30	km 34.0	km 30.1	% 88.5	
	大阪 ◎ 中央環状線	府	池田市～ 堺市	22～ 120	55.8	55.8	100	全 線
	大阪 外環状線	国・府	池田市～ 泉佐野市	16～22	94.0	75.9	80.7	兵庫県界～ 枚方富田林泉佐野線 町道野田泉佐野線～ 国道26号
	環 状 線 計					183.8	161.8	88.0
合 計					388.4	315.9	81.3	

表2-13 十大放射線三環状線その他主要幹線道路網整備計画

その他主要幹線道路

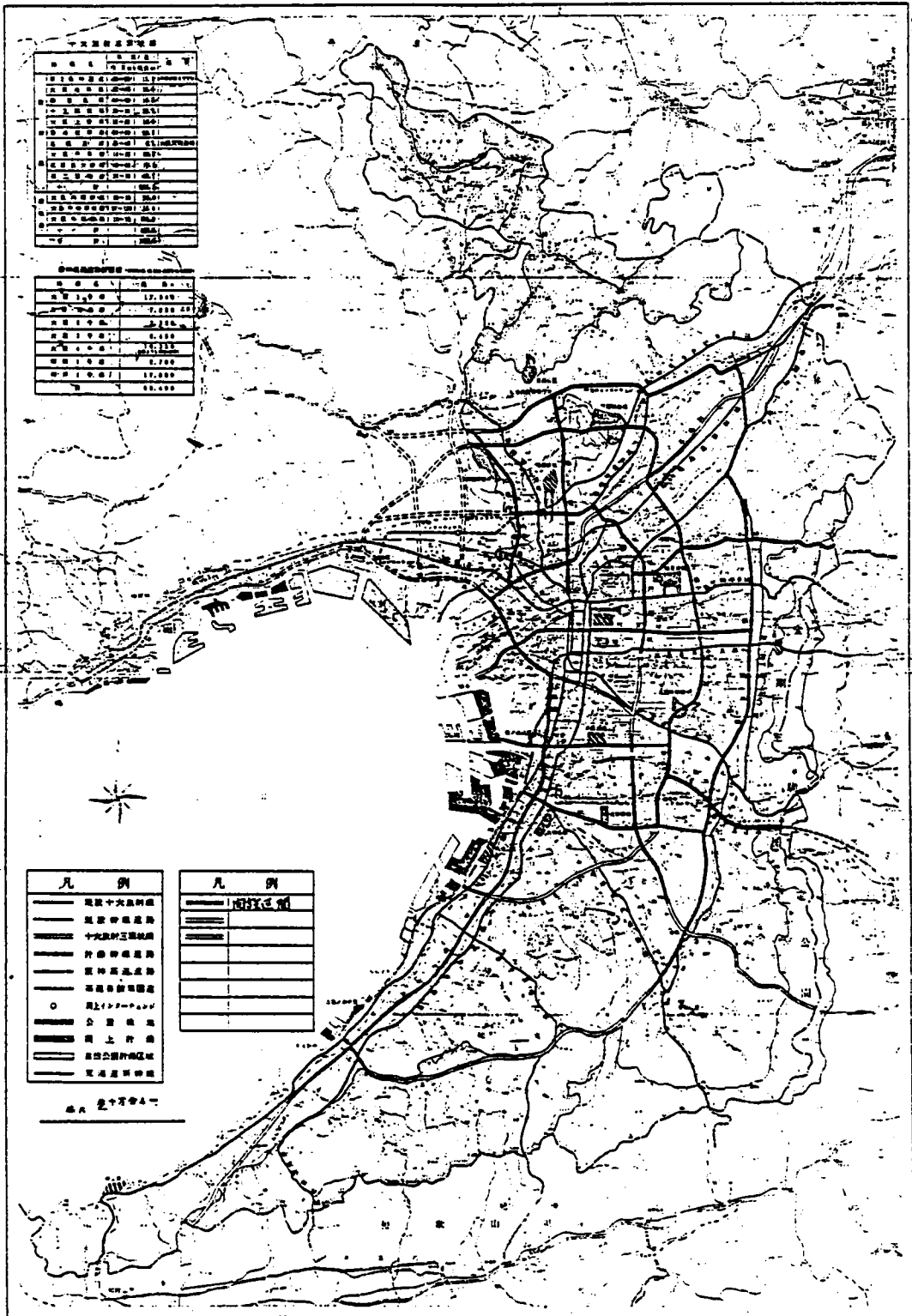
(昭和56年4月1日現在)

1) 路線名	事業 主体	全 体 計 画			開 通 延 長	進 捗 率	開 通 区 間
		区 間	市 員	延 長			
茨木寝屋川線	府	茨木市～ 寝屋川市	m 20	km 11.6	km 5.1	% 44.0	十三高槻～ 国道170号
千里丘寝屋川線	府	摂津市～門真市	32	11.0	2.8	25.5	大阪中央環状線～ 大阪高槻線
常磐浜寺線	府	堺市常磐町 ～堺市浜寺 公園町	27	10.6	6.5	61.3	大阪市界～ 大阪中央環状線 国道310号～ 堺かつらぎ線 大阪和泉南線～ 第2阪和国道 国道26号～ 大阪臨海線
大阪臨海線	府	堺市～ 泉佐野市	30～36	25.3	17.5	69.2	大和川～岸和田市鉄 工団地（堺市大浜地 区除く）
貝塚中央線	府	貝塚市臨浜 ～貝塚市木積	25	6.9	0	0	
磯之上山直線	府	岸和田市 磯之上町～ 岸和田市 積川町	20	9.6	2.7	28.1	大阪臨海線～ 八木 土地区画整理区域

(注) 国…建設省（近畿地方建設局） 府…大阪府 道公…日本道路公団 市…大阪市  
 阪公…阪神高速道路公団 進捗率…開通延長／計画延長。 進捗率…開通延長／計画延長。

1) 行政区域で名称が異なる場合は代表的な名称をあげた。 2) 都市計画決定延長

图2·9 幹線鉄道網図





以上述べてきたように広域大阪圏としての社会需要をみたす道路網整備の計画策定論は、ほぼ天然造形としての地勢地形をうけて 大阪市を中心とする放射方向で、旧街道筋から十大放射線整備さらに十大放射三環状線と 人口、産業の発展にともなって、旧い社会資本をそのままに残し、新規のものをその近傍に建設整備することによって更新して、地域全体としての交通需要にたいして交通機能を提供する形式をとってきた。そして、広域行政の道路管理者は新しい施設を建設し、道路認定をする度に古い施設を地域行政庁に権限を委譲し表2・14で示した通り、その後の府道の大規模改修事業のたいして道路延長の増加率は低い。一方自動車保有台数は急速に伸び、また交通事故発生率はある意味において交通運用にたいして道路施設の陳腐化の表れとみることができるので道路規格改修として法面・路肩部分の整備による巾員拡巾が実施され、交通機能の改良への努力は試みられたが道路橋など耐荷強度の補強については破壊の現象が具体化した木橋の永久橋への架換以外はほとんど手を加えられなかった時代であった。

表 2・14 府道の延長・改良率・府下の自動車保有台数・自動車1万台当り事故件数

	一 般 国 道	府 道		計	年次/35 実延長比	自動車 保有台数	交通事故 発生件数
		主 要	一 般				
23						18,202	753
30						123,110	381
35・4・1 (実延長km)	61.2	439.8	869.6	1,370.6	100.0	309,763	1,751
40・4・1 (実延長km)	134.5	390.9	835.1	1,360.5	99.3	683,307	946
46・4・1 (実延長km)	177.0	453.1	827.8	1,457.9	106.4	1,466,897	339
改良 延長 (km) 率 (%)	164.3 92.8	411.3 90.8	621.3 75.1	1,196.7 82.1			
50・4・1 (実延長km)	195.6	539.9	735.3	1,470.8	107.3	1,797,490	176
改良 延長 (km) 率 (%)	180.2 92.1	489.9 90.7	581.7 79.1	1,251.8 85.1			
55・4・1 (実延長km)	204.4	582.6	724.8	1,511.8	110.3	2,191,877	163
改良 延長 (km) 率 (%)	191.9 93.9	545.9 93.7	614.9 84.8	1,352.7 89.5			
57・4・1 (実延長km)	269.7	681.7	608.7	1,560.1	113.8		
改良 延長 (km) 率 (%)	255.4 94.7	624.3 91.6	524.7 86.2	1,404.4 90.2			

次に道路規格・構造基準・強度に主要な影響を及ぼす自動車構造について述べる。本来自動車車両はその所有者の所有目的にあった多種多様の需要にたいして供給される自由販売競争を建前とする製品である。しかし車両型式があまり統一性がないと国としての取扱いにも難点が生ずる。したがって道路車両運送法の保安基準によって表 2・15 のように定めている。

表2.15 車両の諸元に関する基準

(昭和45年10月1日現在)

	道路運送車両の 保安基準	車両制限令の 一般的基準	道路交通法による 基準
根 拠 法	道路運送車両法	道 路 法	道 路 交 通 法
所 管 省 庁	運 輸 省	建 設 省	警 察 庁
担 当 者	陸 運 局 長	道 路 管 理 者	公安委員会(けん引) 警察署長(被けん引)
幅(メートル)	自動車の幅(積載物を含まず)は2.5以下	車両の幅(積載物を含む)は2.5以下	積載物の幅は自動車の幅以下
高さ(メートル)	自動車の高さ(積載物を含まず)は3.5以下	車両の高さ(積載物を含む)は3.5以下	積載物の高さ+荷台の高さは3.5以下
長さ(メートル)	自動車の長さ(積載物を含まず)は12以下	車両の長さ(積載物を含む)は12以下	積載物の長さは、自動車の長さ×1.1以下 又けん引する自動車+被けん引車両は25以下
重 さ(トン)	総重量(最大積載量+乗車人員×55キログラム+車両の自重)は20以下	総重量(積載物の重量+乗車人員×55キログラム+車両の自重)は20以下	積載物の重量は自動車の最大積載量以下
	軸重は 10以下	軸重は 10以下	規定なし
	輪荷重は 5 以下	輪荷重は 5 以下	規定なし
最小回転半径 (メートル)	12以下	12以下	規定なし

この基準は当然道路の構造規格への直接的な影響を及ぼすので、道路法第2条第3項では、一般的な道路の強度基準値として、通過車両について同じ基準値を用いている。一方交通運用・管制としての道路交通法では、法の目的が通過運搬物が利用しようとする路線施設を使用させることができる空間余裕があるかについての要因のみで足りるので表 2・15においても制限値を設けていない。

以上のような事柄をうけて政令として道路の強度基準値を定める現行道路構造令では、構造物設計基準値として表 2・16の値を使用するように定めている。もちろんこれらの基準値は諸外国の実情にもあわせて規定されている。

表 2・16 道路構造令における設計基準値

(設計車両)							
<p>第4条 道路の設計にあたっては、第1種、第2種、第3種第1級又は第4種第1級の道路にあつては小型自動車及びセミトレーラ連結車（自動車と前車軸を有しない被牽引車との結合体であつて、被牽引車の一部が自動車にのせられ、かつ、被牽引車及びその積載物の重量の相当の部分が自動車によってささえられるものをいう。以下同じ。）が、その他の道路にあつては小型自動車及び普通自動車が安全かつ円滑に通行することができるようとするものとする。</p> <p>2 道路の設計の基礎とする自動車、(以下「設計車両」という。)の種類ごとの諸元は、それぞれ次の表に掲げる値とする。</p>							
設計車両 \ 諸元(単位:メートル)	長さ	幅	高さ	前端オーバーハング	軸 距	後端オーバーハング	最小回転半径
小 型 自 動 車	4.7	1.7	2	0.8	2.7	1.2	6
普 通 自 動 車	12	2.5	3.8	1.5	6.5	4	12
セミトレーラ連結車	16.5	2.5	3.8	1.3	前軸距4 後軸距9	2.2	12
<p>この表において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p>一 前端オーバーハング 車体の前面から前輪の車軸の中心までの距離をいう。</p> <p>二 軸距 前輪の車軸の中心から後輪の車軸の中心までの距離をいう。</p> <p>三 後端オーバーハング 後輪の車軸の中心から車体の後面までの距離をいう。</p>							

次に道路の利用のされ方、路線の整備水準にふれる。図 2・9 で 道路は地域の土地利用の区域割にも用いられるものであるから交通量、地域環境などの要因によって道路巾員構成はさまざまになる。しかしながら 路線網の形成としては広域的なものから 地域的なものについて表 2・17のように分類、その種類によって管理者を定めている。

これらの都市機能を持った道路を都市基盤としての機能、施設運用、管理者をふくめた認定、及び社会資本としての見方で分類すると表 2・17のようになって、各々の見方によって類別される。

次に道路整備のための構造規格基準について述べる。本来道路は路線空間を確保し、時代背景をうけた運行利用の目的別に建造された多岐にわたる自動車車両にたいして、道路利用の機能と耐力の安全性について、国は道路法第30条の規定に従って構造基準を政令で定めることになっている。

表2.17 道路の種別による分類

機能上からの分類	道路認定と 施設運用管理者による分類	社会資本として 都市計画法による分類
広域幹線道路	高速自動車国道 建設大臣と日本道路公団総裁等	自動車専用道路 { 国土縦貫道 都市高速道路
地域幹線道路	一般国道 知事と建設大臣	幹線道路
補助幹線道路	都道府県道 { 主要 知事 一般 “	
区画道路		区画街路
歩行者・自転車専用道路	市町村道 市町村長	特殊街路
交通広場（広前広場）		

7)  
 現行のものは昭和45年10月29日政令第 320号として公布された道路構造令である。この構造令も時代の経過に伴って、具体的な整備手法は大きく異ってきている。旧構造令といわれるものは昭和33年に公布されたもので、高速国道、一般国道、地方道、市町村道の道路認定基準が明らかにされていたが、交通管制運用については、国内の平均的な物の見方では道路面積を増やすことを第一義目的に取り組んでいた時代であるので、昭和20年代の社会情勢を反映した自動車保有台数、交通量が少ないことを受けて車両と人とが同一路面区域で混合しながら通行する考えをもとに道路巾員が構成されていた。すなわち既存の道路施設を瞬時に改修することはむづかしいので、車両、自転車、歩行者の混合率に応じて実に44段階に分けて規定されていて、車道巾員も車両占有巾員の整数倍ではなかった。現行のものはこれらの問題点を整理し現代に適用されるように改訂されたもので以下のように定められて汎用化することを義務付けている。

1. 車道の巾員は必要により自転車を分離し車線主義によって決めること。
2. 多車線で設計速度の高い道路には積極的に中央帯を設けること。
3. 路肩の巾員に路体の保護のほか交通運用上必要な側方余裕の分を加えること。
4. 地方部の道路にも必要に応じて歩道を設置するものとする。
5. 自動車道および自動車歩行者道の設定を設けること。
6. 都市部の道路では必要に応じて停車帯を設けること。
7. 積雪地域における道路の路肩および中央帯の巾員は除雪を勘案して決めること。

道路施設を利用実態の変遷と整備水準から眺められたとき、2つの拠点間を連絡する機能から始まったが、次第に都市形成の土地利用の区画割の道具としての路線的空間造りの機能が求められ、その後自動車が個別交通手段としての便利さと、普及につれて、道路空間における道路構造に交通機能を第一義として求めるようになった。しかし、都市空間としての副次的効果はまだ重要度が高い。

道路整備は多額の投資による基本社会資本であるので、その整備水準は広範な社会需要に基づいて法律的手続によってまとめられ、道路区域についても告示公開されている。その量と質は長年の公共投資によって改修の努力が重ねられているが、土地空間にたいする適正な面積率まで達すると、その後は同一空間を利用しながら施設の局部改修多重利用による交通機能の向上に進んでいくことが予想される。

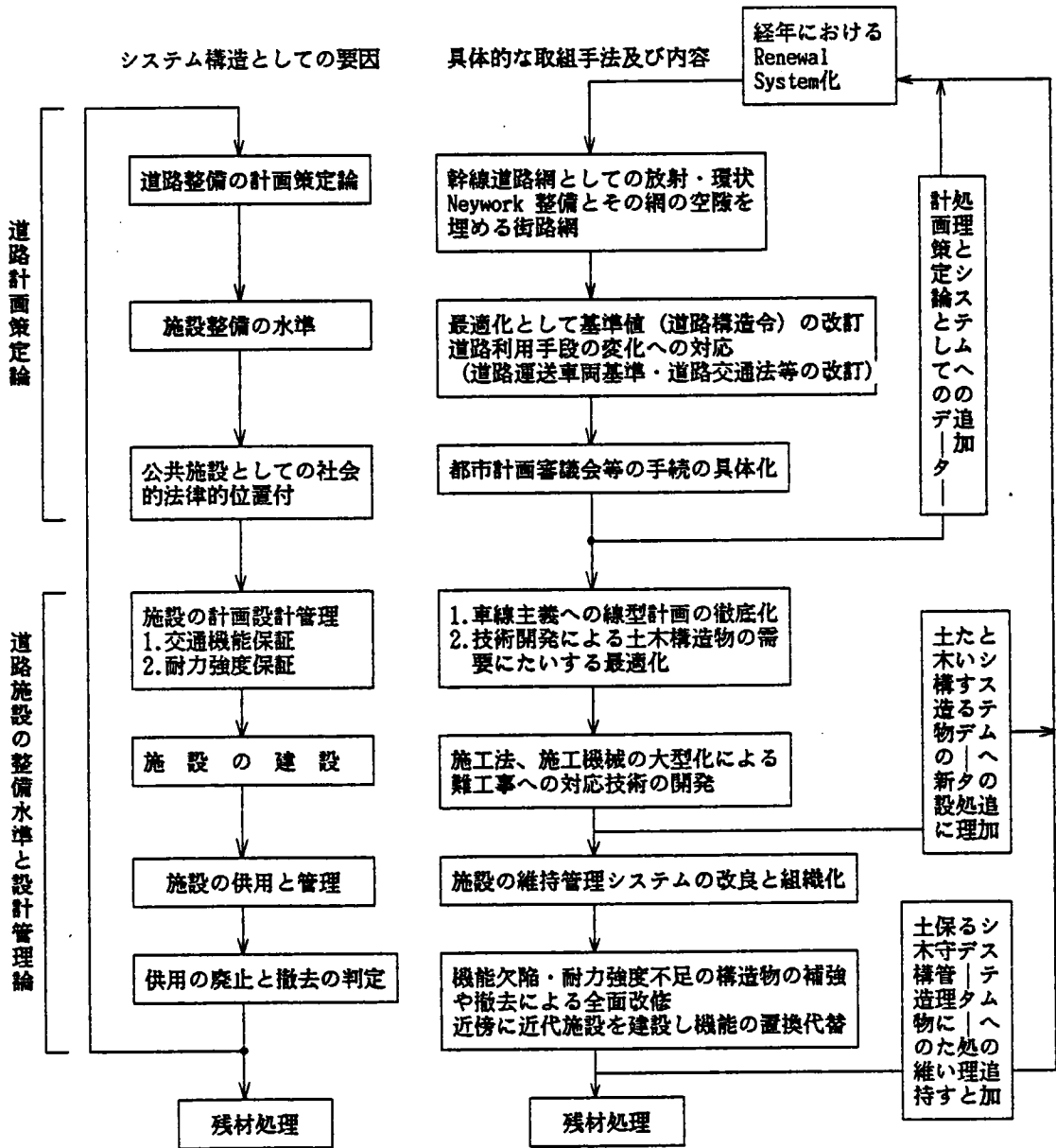
また、個別輸送手段としての経済性、効率性を追求した多種多様の自動車車両構造については、広範な汎用性にたいしある種の統一性のための制限を加え、道路橋など土木構造物の耐荷力にたいしては格一化のため設計自動車荷重等の規定化が行なわれる。このことは中小橋など同類同属の上部構造物設計については汎用性のある標準化が進む。一方巨大規模、特異特性をもった構造物にも汎用化された設計荷重が適用されるが、外力への挙動応答の異なる傾向を持った構造物には個別的な専用目的のイメージによる取り扱いが求められる。この意味においては、昭和初期に建設された十大放射路線にふくまれた巨大主要構造物等は、補強改修工事を計画する際にも、沿道利用がされていて余裕空間の少ないことが多い。

大阪府下における道路整備の変遷を図2・10に従って左側の事業及び施設管理のシステム構造としての要因の流れ図と過去数10年に及ぶが右側の発生事実の具体的な事柄を対比させながら道路の一部をなす土木構造物のライフサイクルに関する要因を考えてみる。広域都市圏の行政体としての幹線道路網整備の策定論は、従来から大阪市を母都市核とする放射線と、これを外周部でとりまく環状線との組み合わせで、地域の人口集中度あるいは密度によって路線網間隔が狭まってきている。また路線施設としての機能は近代化による車両走行速度の向上、広域信号管制などのソフト面に対応するように構造基準値も改訂されてきているが、その理念になるところは 交通機能保証と構造施設の耐力強度保証である。

道路は本来一般交通の用に供する路線施設であるとともに路線施設としての土地の区画割と沿道開発による土地利用の促進を兼ね備えたものであるので、その建設・維持・管理は公の営造物として行政機関が管理者となっている。従って道路にかかる費用について、（一部有料道路、及び専用施設として整備されたものを除いて）平面道路については行政団体による公共負担が原則であるので、一般には企業性よりも公共資金の投入額が財政学という予算として取り扱われる。上述のように道路整備計画策定論は都市部においては他の公共施設との関連も多くまた深いので、すべてを包含する多数決採択法を基とする都市計画法の手続きによって検討され、決定される。

道路施設としての土木構造物の本来目的は交通機能と耐力強度保証である。個別慾求を満たすために開発された自動車車両諸元に、その交通運用のソフト面の需要を満たすことが主目的である。この要求を天然造形の土地地勢にどのような土木構造物で順応させたかの種々の記録はそのまま次の土木構造物計画にあたって種々のデーターを提供する。また竣工後供用されている施設の維持・管理におけるさまざまな現象にたいする挙動と応答は、次の新設構造物にたいしても実情にあったデーターを提供する。これらの記録を整理し、土木構造物の設計管理システムの種々の段階における要因に加工・追加することを持続すると元システムにたいして経年における要因分析のSub-Routine を取り込んだRenewal System構造をまとめていくことになる。このような作業の繰り返しによって得られるSystemは常に時代に即応した最適化をうるためのRevised Routine としての意味を持っている。

図2・10 大阪府下における道路整備の変遷





## 2-4 大阪府下における鉄軌道整備の変遷

鉄軌道は機械文明の発達によって、人の移動欲望を便利・迅速・快速で安全な輸送手段が開発提供されたので、通行軌跡の施設整備水準を自然発生物から順次高めてきた道路とは異なる。すなわち、人・物の輸送目的を意識した専用利用のための施設で、そのために運賃を原資とする、受益者負担による企業である。そして地域における輸送需要量に見合った線路敷設権利を甲社に与えること、企業の過当競争による共倒れを防止するために、その地域においては他社には敷設営業権を認めない法律運用がされてきた。このことは運賃を支払った者を運輸事業者は拒否することができない。（地方鉄道法第1条）地域に営業権を設定する意味において都市生活においては高い公共性を有していると位置付けられる。

鉄軌道線路の敷設ルート選定は、輸送需要の量と質と深くかかわっている。表2・18の年譜に従って発展の歴史を眺める。

本邦最初の鉄道建設は首都東京と国際貿易港横浜間の人の輸送目的として、また文明開化のデモンストレーションとしての文化施設である。

大阪府下における鉄道建設は貿易港堺と大阪市内部の交通の快速性を求めて明治18年に敷設したことに始まる。建設当時は車両も単車で運転速度も低く徒歩交通で充足していた距離を、快適な乗物として時間距離を短縮するのが本線路の目的であって、総延長も約10kmで、沿線は市街化されていたので、駅間隔は徒歩圏を配慮した約500m～1kmの路面鉄道である。車両の運転にあたって全列車追抜きのない各駅停車で運転手の有視界によるものであったから、保安施設としての信号閉塞も整備されていない複線路を持つ都市交通手段であった。従って本路線敷設の個有水準を満しておればよかった。

次に敷設された京都～神戸間の鉄道は、中央政府による日本全土の鉄道網整備事業の一部として計画されたもので、国土軸を重視したため大阪市内北部を通過する路線計画であって、近郊の市街地形成部に駅を設けたためその間隔は約3kmと広い。このことは高速運転を目指したもので、明治39年の鉄道国有法によって鉄道省によって買収され、国土の主軸幹線の東海道本線となっている。大正年代に入って国土全域にたいする政府事業としての国有鉄道と、市街地の路面交通としての道路に敷設される軌道及び都市間相互の連絡、神社寺閣観光地を結ぶ地方鉄道の振興策がとられた。

大阪市内部の運輸手段として大阪市交通局（電気局）による路面電車網は、明治36年～明治45年に建設が行なわれている。平均駅間距離は徒歩圏の約500mで、運転手と車内運賃徴集のための車掌による単車・有視界運転形態である。この運輸形態では輸送力は多くを望めず、とくに道路敷内に併用敷設されていたので、昭和30年代後半の自動車による道路交通の障害となって同一企業者によ

る高速大量輸送機関としての地下鉄に置換えられている。開業後すでに50年を迎える地下鉄は、広巾員道路の地下を占用して隧道空間を建設し、運輸営業を行っているもので、昭和5年の着工以来現在約100kmの延長を大型車両の連結列車で各駅停車の営業しているが、その駅間距離は約1kmである。

表 2-18 わが国及び大阪における鉄軌道整備の年譜

主要都市や港湾の 連絡線の整備 ↑ 民営鉄道の発展 ↑ 内陸連絡鉄道の整備 ↑ 都市代交通とし陳腐の近代化	わが国における主な鉄道整備	大阪における鉄軌道整備
	明治2 東京、横浜の鉄道計画策定	
	7~10 京都~神戸の鉄道計画	
	22 東海道線神戸迄開通	18 阪堺鉄道の開業 南海本線による和歌山方面の連結 民営鉄道による放射線整備
	39 鉄道国有法	36 大阪市の路面電車開業
	大正8 地方鉄道法成立	大正2 ↓ 10 放射方向の民営鉄道の形成
	10 軌道法成立	
	昭和4 建設規程で甲乙丙線に分類	昭和4 大阪を中心に放射網が一応完成 車両増結・昇圧による輸送力増強
	30 都市交通審議会の設置	
	32 国鉄第一次五ヶ年計画 老朽資産の取替、輸送力増強 動力の近代化	31 国鉄環状線に着手
	34 新幹線の計画策定 日本開発銀行による大都市民営 鉄道への融資制度制定	
	36 踏切改良促進促進法成立	
	37 公営地下鉄建設費補助制度制定	
	40 大都市通勤輸送の改善 幹線の輸送力増強	38 京阪・天満橋~淀屋橋開通 阪急・千里山~南千里開通
	45 全国新幹線鉄道整備法	39 国鉄環状線開通
	47 都市モノレール法公布施行	42 千里山線 南千里~北千里開通 阪急 石橋~池田間の高架化
		45 北大阪急行・中津~千里中央開通
		46 都市交通審議会答申第十三号

これらは、いずれも市街地内の交通手段である。明治38年に開通した阪神本線は、わが国初の都市間交通を目指したもので、大型車両の重連列車によって、地域集配機能を持つ各駅停車の列車の数駅毎に遠距離を高速で結ぶ急行列車が島式ホームをはさんで停車し、乗客の目的地までの物理的距離を運転速度の異なる列車へ選択を許して、到着地までの時間距離を保証する専用機能を附加した線路計画で整備されている。

現在、広域大阪圏の鉄軌道施設について考える。大阪市内の路面電車は併設した道路の交通障害になるので更新施設として地下鉄に置換られて全面撤去されているもの、旧阪神電車国道線のように機能の陳腐化のために敷設用地を全部国道2号線の道路へ提供したもの、あるいは南海軌道線のように道路併用の区間に問題を残しながらも専用軌道をふくめた路線施設のためまだ運輸営業を継続しているもの等がある。しかしながら全般的にみて、昔日の併設軌道線は従来の車両構造を用いての運輸能力では都市の近代化に適應しきれなくなっているため、既存の鉄軌道用地を尊重しながら抜本的な施設の見直しが求められている。

人の大量輸送手段として大阪都市圏の鉄道路線ごとの公共施設としての近代化をみると、2点間のその沿線利用のため敷設された多くの線路も、トータル施設として回生できたものと、消滅して行ったものに分けられる。消滅の主たる理由としては、迅速・快適な個別交通手段としての自動車の発達によって、戸口から戸口までの時間距離が大巾に短縮された。この便利な自動車交通を確保するために、大規模な道路改修が行われ、市民の交通手段としての定着をみるに至った。鉄軌道路線のうち、道路を占用し併設されているもの、起終点間の短いものは新しい交通手段としての自動車との自由競争に対抗できずに、多くの路線が自主的な廃業と施設の撤去に追い込まれた。

一方、線路構造が専用用地を持っていたいわゆる郊外電車は、表2・19に掲げたように数次にわたる輸送力増強のための施設補強を行っている。たとえば路線としての延長、とくに都心部を貫通することによる沿線利用の活性化、複線にすることによる列車閉塞区間の短縮化で、線路上に多くの列車運転を可能とすること、あるいは複々線増によって急行運転・各駅停車など列車速度による運転形態の多様化・効率化、車両連結両数を増すことによる輸送定員増とそれに付帯した停車場ホームの延伸等がある。

さらに平面地盤を走る列車の線路施設は、都市の住区を構成する平面道路との平面交差による踏切施設は鉄軌道側と道路側にとって、もっとも保安度の低い、一度接触衝突事故が発生すると社会的な大事故に発展する実態にそくして、この踏切の構造改良と除却（踏切構造改良法 昭和34年）を実施中である。

8)  
表2-19 大都市における大手民鉄の輸送力増強計画の実績概要

(億円)

工 事 種 別	第一次	第二次	第三次	第四次	計	
	36～38	39～41	42～46	47～51	金 額	%
輸送力増強工事	1,100	1,226	2,971	3,099	8,396	60.8
都心乗入れ新線建設等	251	199	646	411	1,507	10.3
複線化及び複々線化	58	102	409	514	1,083	7.9
ホーム延伸等停車場改良	208	286	619	1,049	2,162	15.7
車両新增等その他	583	639	1,297	1,125	3,644	26.9
踏切及び運転保安工事	170	226	1,462	2,361	4,219	30.6
高架化及び踏切改良等	50	77	414	656	1,197	8.7
運転保安施設の整備	120	149	1,048	1,705	3,022	21.9
その他（サービス改善等）				1,171	1,171	8.5
合 計	実績 額	1,270	1,452	4,433	6,631	13,786
	計 画 額	1,266	1,657	4,800	6,923	14,646
達 成 率 %		100	88	92	96	
年 平 均 投 資 額		423	484	887	1,326	

以上のような鉄軌道施設の回生工事を行って、現在大阪都市圏で、公共交通機関として位置付を得ているのは表2-20の鉄軌道路線である。

ここで注意するべき点として、現在の鉄軌道網は、大阪市を母都市とする放射線22本と、環状線2本である。このNetworkは幹線道路網における放射・環状の組み合わせと理念を等しくし、業種と目の異なりによる員数の差異である。すなわち交通輸送機関網は、広域大阪圏の地形・地勢条件に強く支配されている。あるいは、企業性の利潤追求型で開発された鉄軌道施設も、長年の供用と施設の回生力によって、結局のところは地形・地勢に従った計画策定論の結果におちついているのは、公共施設を論ずるにあたっての意識理念の原点ということもできる。

表 2・20 大阪都市圏の鉄軌道の放射・環状網

	路 線 名	(俗名) 開業当初の 事業主体	開 業 年 次				距線距離 km	駅 数	駅 間 平均距離 km
			明治	大正	昭和	戦 後			
1	阪 神 本 線	左 同	M.38				32.1	34	0.97
2	阪神 西大阪線	左 同		T.13			6.3	7	1.05
3	国鉄東海道本線	左 同	M. 7				98.7	37	2.74
4	阪急 神戸本線	左 同		T. 9			32.3	16	2.15
5	国鉄 福知山線	民営摂津鉄道	M.26				43.2	12	3.93
6	阪急 宝塚線	箕面有馬電気 軌道	M.43				24.6	19	1.37
7	能 勢 電 鉄	左 同		T. 2					
8	北大阪 急 行	左 同				S.45	5.9	4	1.97
9	阪急 千里山線	北大阪電気 鉄道		T.10			13.6	11	1.36
10	阪急 京都本線	"		T.10			45.3	24	1.97
11	京 阪 本 線	左 同	M.43				49.2	40	1.26
12	京阪 交野線	信貴生駒鉄道			S. 4		6.9	8	0.99
13	国鉄 片町線	民営浪速鉄道	M.28				26.7	14	2.05
14	東生電東大阪線	近 鉄				建設中			
15	近鉄 奈良線	大阪電気鉄道		T. 3			26.7	19	1.48
16	" 大阪線	"		T. 3			39.8	28	1.47
17	国鉄 関西本線	民営大阪鉄道	M.22				41.2	16	2.75
18	近鉄 南大阪線	河 陽 鉄道	M.31				39.8	28	1.47
19	南海 高野線	高 野 鉄道	M.31				65.1	40	1.67
20	泉 北 高速線	左 同				S.46	12.1	5	3.00
21	国鉄 阪和線	民営阪和鉄道			S. 4		61.3	34	1.86
22	南 海 本 線	阪 堺 鉄道	M.18				64.4	43	1.53
23	旧城東線 国鉄	民営大阪鉄道	M.28				21.7	17	1.28
	旧西成線 環状	民営西成鉄道	M.31						
24	大阪環状 モノレール線	大阪府を主と する第三セク ター				建設中	13.7	8	1.70

次に交通輸送機関としての鉄軌道施設の技術開発が進んでいくと、将来 どのように変化していくかの推察を述べる。鉄軌道施設整備の要因分析は図2.11のように、その第一義目的は敷設路線方向への通行の安全性・迅速性のサービスとして、とくに時間便益を中心に企業性が成り立っている。またトータルとして鉄軌道を構成するのは固定施設としての線路構造物と移動施設としての車両等である。それらの施設のソフト面としての有機的な関連機能として、運転・運輸が位置付けられる。既存の営業中の鉄軌道施設のうち線路等の固定施設の回生・更新は、運転保安等の面から作業性はいちじるしく多くの悪条件の克服しなければならないが、車両の更新・置換は、その製造が既存の固定施設に整合される限り全く簡単である。また、車両の機械・電気・電子部品は日進月歩の技術開発によって、明治・大正時代はいうに及ばず、最近の10年間をとっていても全く華やかで、これらの技術開発と革新は、当然新線敷設計画には持ち込まれて、社会変化がもたらした需要ニーズに即応した中規模の諸元をもつ車両の開発と、それをふくむ輸送システム全体の開発に結びついた。その例として図 2・12 をあげることが出来る。

すなわち、長期計画としての都市構造・都市機能の促進のための都市計画の計画策定論から、敷設計画路線の最大輸送力が計画されると、従来は、大型車両の連結増と運転間隔をつめることによって輸送力としての地下鉄・国鉄型の重輸送力システムと、バス車両の運転による軽交通システムの隙間を埋めるものとして、車両定員60～100 人と巾を持つ中量軌道輸送システムとしてモノレール（羽田モノレール線、大船モノレール線、大阪環状モノレール線等）、及び 新種交通システム（大阪南港 New Tram、神戸Portliners等）が誕生し定着した。この新開発は車両客室は従来鉄道と相似であるが、その走行システムとしての軌道構造と台車及びその操走装置の型式は従来の鉄道構造と全く異なっている。また、運転速度は需要目的にあうよう多種段階を装備するとともに、それらの機能を一箇所に集中し、従業職員数の合理化に徹した運転・運輸指令所によって管理することを可能にしている。技術革新としての自動制御・Computer化を伴って開発定着したもので、新しい公共輸送機関としての社会的位置付を既に得ている。

以上のように鉄軌道についても、類似の公共輸送施設としての道路のように、その計画策定・施設設計・営業管理との一連のシステム構造としての図 2・13の要因の流れ図と、過去数10年に互たる発生意実を振り返りながら Renewal/Recycle Systemを述べる。

路線施設としての計画策定論は広域圏あるいは都市圏の運輸行政機関の長による運輸政策審議会への諮問によって、地形・地勢に最適化を与える公共交通機関としての網の整備計画がはかられる。大阪圏の場合、道路網計画のNetwork 理念と同様に放射・環状路線の組み合わせとすることが好ましく、

図 2・11 鉄軌道整備の計画からみた土木構造物にたいする要因と取扱法

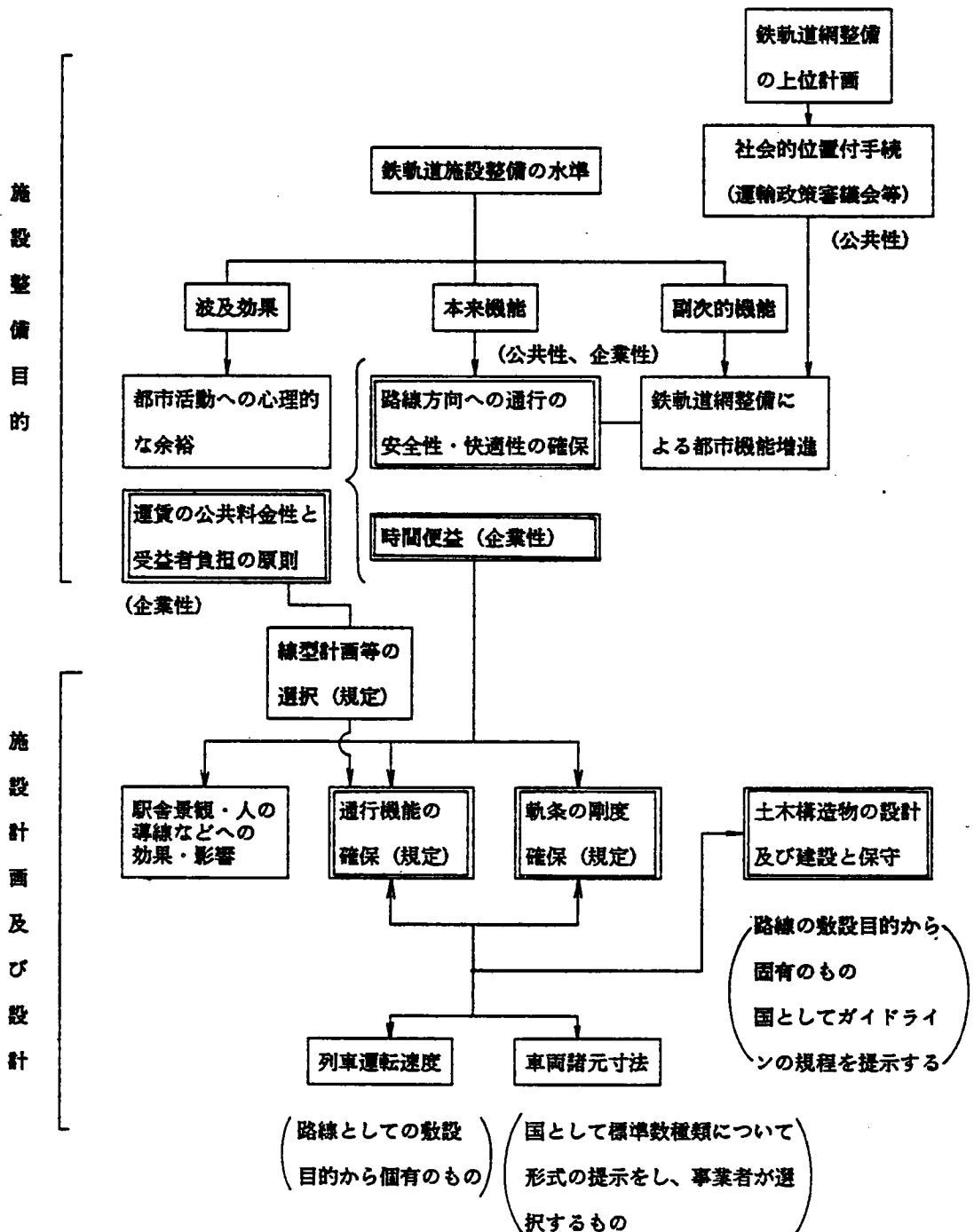


図2・12 1列車当りの単位輸送力、サービス水準としての運転間隔、  
1時間当り最大輸送能力、車両型式の関係図

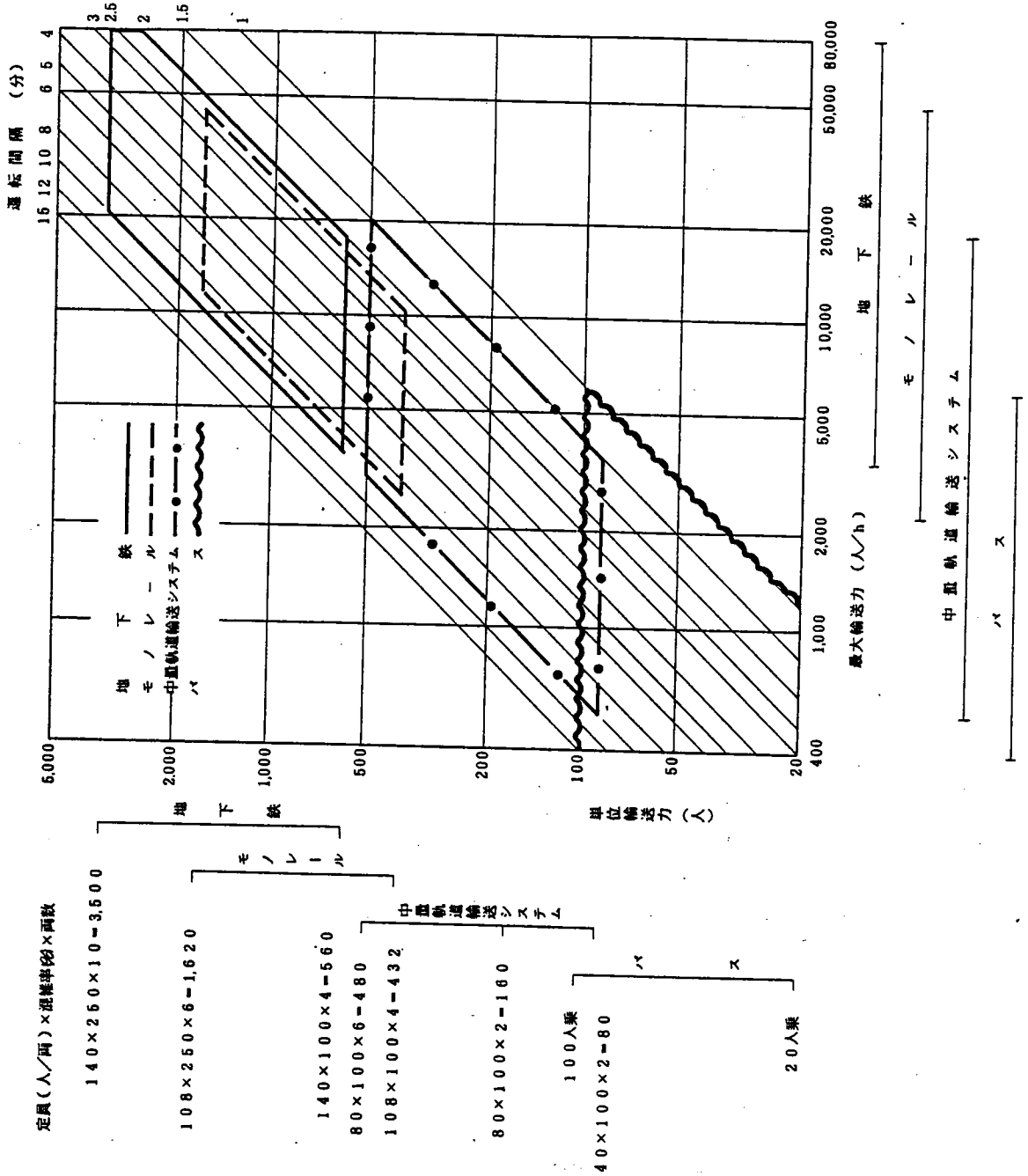
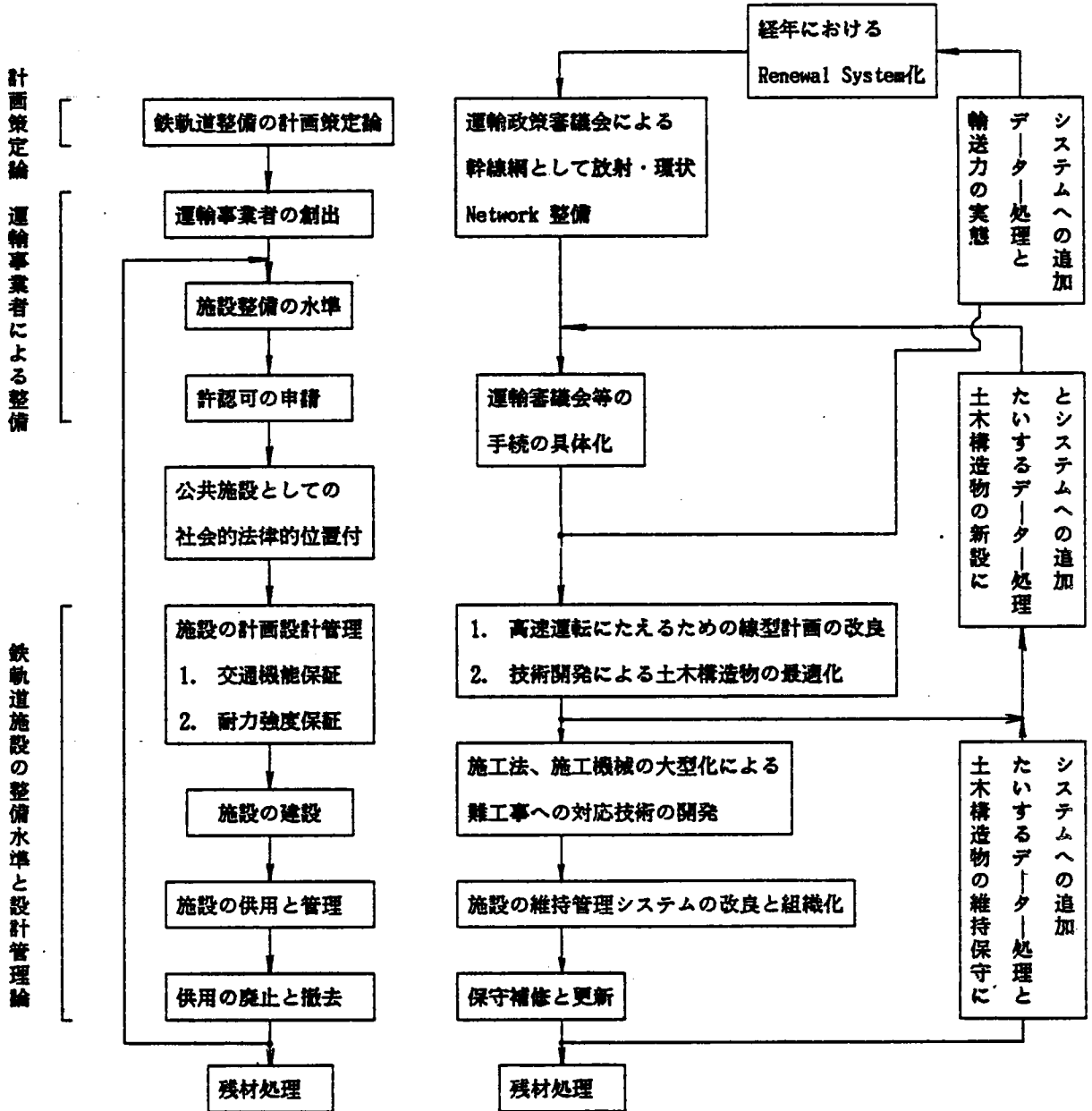




図 2・13 大阪府下における鉄軌道整備の変遷



審議を経て答申される。このようにして公共施設としての社会的位置付がされる。

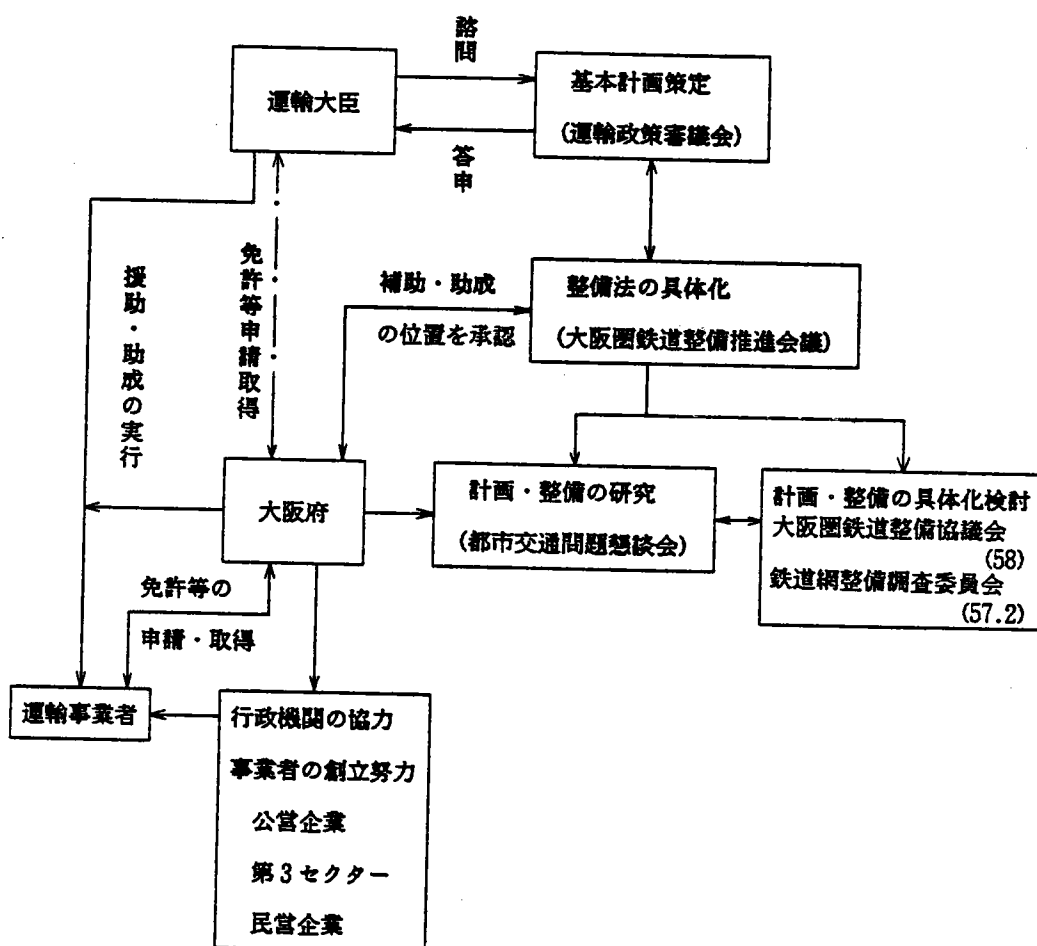
次に その答申路線を尊重し、路線敷設を行って運輸事業を行おうとする事業者が創出し、路線敷設免許申請を行って、法律的位置付を得て免許を取得する。施設の整備水準としては運輸量・運輸力に見合った機能を持つように計画するが、鉄軌道は本来 安全・迅快な移動サービスを受益者に負担さすものであるので、答申を尊重しながらも、事業者自身の企業経営哲学理念に最適化のための施設計画となる。その基本は交通機能と耐力強度の保証であって、以下は建設から供用へと継がれていく。

このようにして運輸・運転を開始したトータルシステムとしての鉄軌道も、その供用中におけるさまざまな要因から得られるデーターを評価・判定しながら、絶えず施設の回生・更新を繰り返して、新しい需要に対応できるように運営されている。これらの作業過程を経ながら次代の需要要因を絶えず注視していることは図 2・13で示したように鉄軌道についても、基本型となるシステム体系にふくまれる個々の要因を分析評価し、要因相互の優先度を判定しながら システム図を見直していくこと、そして見直されたシステムを新しい基本型に次の時代の需要の推定と供給の可能性を見きわめながら変化・変遷していくことは 鉄軌道整備においても 経年によっても Renewal Systemを持つことの意義は十分に認められる。

次に広域大阪圏の鉄軌道整備の具体について 表 2・14を用いて述べる。公共の福祉として運輸大臣は、都市における交通に関する基本的な政策及び計画策定について調査・審議するため、運輸省設置法（昭和24年 5月31日）に基づいて、交通の上位計画策定のために 運輸政策審議会（従来の都市交通審議会の改組、学識経験者 50名）を設けて、そこに諮問する。審議過程において当然地元行政機関の意見は求められる。一方地元として大阪府は社会変化に絶えず即応した将来構想をまとめるために知事の私的諮問機関として、「大阪都市圏における鉄軌道のあり方、整備促進の方策等の必要な事項」について学識経験者の意見を聞くため、都市交通問題懇談会（昭和44年 8月14日、7人委員会）を開いて意見をまとめ、時機を選んで、それらの計画・整備の具体化への検討を重ねるためのレールアクセスについて研究・検討成果を運輸大臣等に上申する。また、まとめられた答申による整備計画の円滑な遂行と、的確な実現を推進するため、運輸大臣の地方機関である大阪陸運局と大阪府・大阪府が事務局をつとめる大阪圏高速鉄道網整備推進会議（昭和47年 6月13日）によって推進と協力方に努めている。

鉄軌道は 運輸サービスをうける個人の受益者負担にはじまったが、運賃収入が施設建設資金と運営経費をまかなえない時代に入ると、公共の福祉としての交通の確保のため、運輸事業者にたいする公共資金援助が論じられる。既存施設を持つ鉄道事業者でも、主たる収入源である運賃が、自動車交

表 2・14 大阪圏における鉄軌道網整備にたいする社会的・法律的位置付



通との競争性、あるいは生活の基本手段としての公共料金としての位置付がされると、自由競争性を失っている。さらに都市行政として必要路線の整備計画が策定されても、大型の援助・助成政策が認められない場合、事業者を創設されることは不可能である。大阪府では、このような実態をふくめて、公営・第3セクター、民営の事業者への創設と健全な経営について後述するように、種々の具体策を実施している。以上の手続と過程をふまえて、創出した運輸事業者は 大阪府を通じて路線敷設の免許・特許申請を運輸大臣に行い、その権利を取得して建設事業にかかる建設事業の段階において、後述する5種類のどれかに法律的に位置づけられるので、運輸による営利企業でありながら、公共資金が投入されるので、その施設整備のあり方にも道路施設との類似性がある。

現在大阪圏の鉄軌道網整備の計画策定論は昭和46年12月8日に都市交通審議会答申第13号としてまとめられたものを整備の基本方針として公にされた。鉄軌道事業者が整備に取り組む答申の骨子を紹介すると、15年先の鉄道網の整備水準をまとめたもので、留意基準として、

- (1) 輸送需要に対応した鉄軌道を整備することを基本とし、都市政策上また交通連絡上追加すべきものがあるときはこれを考慮する。
- (2) 既設鉄道の輸送力増強は最大限まで行なうものとし、既設鉄道の輸送力が不足する場合、または既設鉄道の駅勢圏外で大量の輸送需要の発生が予想される場合に新線建設を考慮する。
- (3) 最大混雑区間における混雑時1時間の目標乗車効率率は150%とする。
- (4) 建設・経営主体及び行政区画にとらわれないものとする。
- (5) 路線体系は、おおむね1回の乗換で目的地へ到達できるように構成し、都市貫通型とする。この場合、できるかぎり都心から離れた地点で乗換えできるような路線配置とする。
- (6) 路線形態は、地域開発計画との関連を考慮するとともに、用地取得、工事施工等の面から道路計画、河川計画等との調和を図る。
- (7) 特定の路線及びターミナルへの過度の集中を避ける。
- (8) 都市地域の拡大、都市機能の分散に対処し、都市周辺部を連絡する環状鉄道についても考慮する。
- (9) 地域の実情に応じ、中量輸送機関の利用を検討する。
- (10) 乗換駅の混雑を緩和し、都心到達時間の短縮を図るため、高速鉄道相互間の直通運転について考慮する。

をもとに整備の具体手法として、

1. 既設鉄道路線の輸送力増強。
2. 既設鉄道路線の線増、9路線における複線あるいは複々線化。
3. 新設をすべき路線、16路線。
4. 新設を検討するべき路線、4路線。
5. その他改良、整理について、ターミナル駅の改良及び鉄道と道路との立体交差化。
6. 高速鉄道網の緊急整備区間について、増強するべき既設鉄道路線のうち緊急に実施すべき区間新設すべき路線のうち緊急に実施すべき区間に分けている。

9)

表 2-21 昭和51年度末の国鉄資産価額

		原 簿 価 額 構 成 比 %	際 取 得 価 額 全 額 構 成 比 %	減 価 償 却 費
建 物		12.2	16.7	11.869 12.0 16.5
線 橋 梁 路 トンネル 設 そ の 他 備 小 計	橋 梁	14.7	20.1	14.366 14.6 20.0
	トンネル	13.3	18.2	12.426 12.6 17.3
	そ の 他	17.7	24.3	19.264 19.5 26.8
	小 計	45.7	62.6	46.056 46.5 64.1
電 路 線		0.6	0.8	0.636 0.6 0.9
工 作 物		1.4	1.9	1.450 1.5 2.0
停 車 場		3.4	4.6	3.456 3.5 4.8
機 器		9.8	13.4	8.466 8.6 11.7
計		73.1	100	71.933 72.9 100
車 両		25.7		25.678 26.0
船 舶		0.6		0.554 0.6
自 動 車		0.6		0.445 0.6
計		26.9		26.677 27.1
合 計		100	—	100
価 額		5兆5千億円 4兆円		98.614億円

運輸営業を行うのに必要な施設としては、例えば、昭和51年度末における国鉄の資産価額内訳からみると、表2・21の通りで原簿全価額5兆5千4億円を100とした交換更新が容易な移動施設は、鉄道イメージの華やかななかでも26.9%と全体の約1/4である。残り施設のうち、機械、電気類を主とした施設は、15.2%である。すなわち土木構造物にかかるものは全体の約半数を占めている。また、橋梁等の構築物は全体の約15%となっている。すなわち空間占有の高い固定施設のうち土木構造物の占める比率が高く、また都市部におけるその建設単価が地下鉄では、200～250億円/km、既存鉄道の高架化では150～200億円/km、モノレールでは70～100億円/km等の巨額であるので現在のように運輸送のための運賃が都市生活の基本料金となってくると、受益者負担の原則は健持することがむづかしくなってくる。そこで、路線の整備水準については需要量の目標値を確立するために中広い意見をまとめた社会的、法律的位置付が必要となってくる。

現行の補助・助成政策は図 2・15で示したように 5 種類が準備されている。

- (1) 公営地下鉄； 建設時にかかった全費用を査定しその約60%を国と地方公共団体で折半し、経営補助の意味をふくめて10年の分割補助制度
- (2) モノレール道事業； 建設に際して軌道施設を道路法で位置付をしたインフラ・ストラクチャー部と名付け（全体の44.9%）都市計画事業として建設の肩替りを行政庁が行う。別に運輸事業者は自己責任でインフラ・ストラクチャー外部を整備する。
- (3) 国鉄線； 建設費の27%を建設時に補助
- (4) 民営鉄道；建設費の全額資金調達を政府の財政投融資で賄い、開業後民営鉄道の買取りにたいして利子補給をする。
- (5) ニュータウン線； 路床路盤建設までを宅地造成事業で肩替り施工して無代で鉄道事業者に借与する。

いずれの方法においても公営地下鉄の補助額が基本額になるように、実態にあうように制度、年限を調整してものである。なお、これらの種々の制度に従って大阪府が公共資金を鉄軌道事業者に補助した実績を表 2・22・23・24にかかげた。

表 2・2 2 大阪市交通局の府域延伸に伴う補助金 (億円)

路線名	区 間	延長 km ( ) は 府域	建設費	年 次	補助金
2 号線	都島～守口	5.4 ( 1.2)	676	46～52	49
	天王寺～八尾南	10.5 ( 0.2)	1,358	48～55	8
	守口～大日	1.8 ( 1.8)	127	52～58	34
4 号線	深江橋～長田	3.2 ( 2.6)	540	53～58	118
1 号線	我孫子～中百舌	5.1 ( 4.1)	1,094	54～58	266
計		26.0 ( 9.9)	3,795		475

表 2・2 3 国鉄線にたいする大阪府の協力

(億円)

事 業 名	区 間	年 次	利用債	負担金	府の利用債 負 担 金
大阪環状線建設事業	大阪～弁天町～天王寺	31～39	76	18	23
片町線複線化事業	放出～四條畷 9.8km	40～44	8	19	5
"	四條畷～長尾 13.4	47～54	139		78
関西本線電化事業	湊町～奈良	47～48	20		7
城東貨物線電化客車運行	新大阪～加美～杉本町		10		5
			253	37	118

表 2・2 4 民鉄線及びニュータウン線にたいする大阪府の協力

(億円)

鉄 道 名	区 間	延 長	総建設費	年 次	助成補助等
北大阪急行	江坂～千里中央	5.9km	82	42～45	出資25% 貸付 8 億円用地
泉北高速鉄道	中百舌鳥～光明池	12.5	217		出資49% 助成28億、貸付 70億、用地70億
東大阪生駒電鉄	長田～生駒	10.3	690	53～58	大阪府域分約75%
		28.7	989		

図2-15 補助制度の比較

1. 地下鉄補助（公営）

総 建 設 費  (A)		a. 出資金（地方公共団体）（10%）	建設費償還利息	補助対象外 (40.15%)
		b. 総係費（5%）		
		c. 企業者資金（30.15%）	企業者	補助対象 (59.85%)
	補助対象 (A - b) × 0.9 × 0.7	d. 地方公共団体（29.925%） （都府県政令市）		
		e. 国（運輸省）（29.925%）		

※ 補助率（名目）70% 10カ年分割補助

2. モノレール事業費補助（公営、準公営）

総 建 設 費  (A)		a. 出資金（5.5%）	建設費償還利息	補助対象外 (55.1%)
		b. 企業者資金（49.6%）		
	$44.9\% \times 1/3$	c. 地方公共団体（14.97%）		補助対象 (44.9%)
	$44.9\% \times 2/3$	d. 国（運輸省）（29.93%）		

※ 関連街路事業に対する補助も、国 2/3



3. 大阪市交通施設整備費補助（国鉄）

総 建 設 費  (A)		a. 間接費（国鉄）10%	建設費償還利息 国鉄	補助対象外 (73%)
		b. 国鉄調達資金 63%		
	補助対象 (A - a) × 0.3	c. 国（運輸省）27%		補助対象 (27%)

別途 地元請願による新駅設置費は、市町村負担国鉄利用  
債は地元引受け

4. 鉄建公団方式（地下鉄乗入れ等 民鉄）

総 建 設 費  (A)	線 路 価 格	鉄建公団 調達資金 100% (民鉄が返済)	(40%) 財投融資	建設費償還利息	(民鉄) 5%	5 % 分 利 差	調達資金の実勢金利
			(60%) 公団債		国 (運輸省) 1/2		
					地方 公共団体 1/2		

※ 25年元利均等償還

5. ニュータウン線補助 公営（準公営）

総 建 設 費	↑ 施工基面上建設費 (A) ↓ 補助対象 (A - b) × 0.9 × 0.36 ↓	a. 出資金 (10%)	建設費償還利息	↑ 補助対象外 (70.84 %) ↓ 補助対象 (29.16 %) ↓
		b. 間接費 (10%)		
		c. 企業者資金 (60.84 %)		
		d. 地方公共団体 (14.58 %)		
		c. 国 (14.58 %)		
		開発者負担金 { 租造成工事費 基面下工事費 × 1/2 }	開発者負担	

※ 補助率（名目）36% 4カ年分割補助  
用地費は素地価格で繰受

## 2-5 土木構造物の開発史

路線機能をもつ道路・鉄軌道にふくまれる土木構造物は、公共施設が一体として機能を発揮する資産のなかに占める比例も高く、また地域に固定して建設され、維持管理される施設である。

これらの施設の整備目的は社会の近代化と共に、安全性を保証しながら高い機能を要求され、それを供給する目的で開発されてきた。

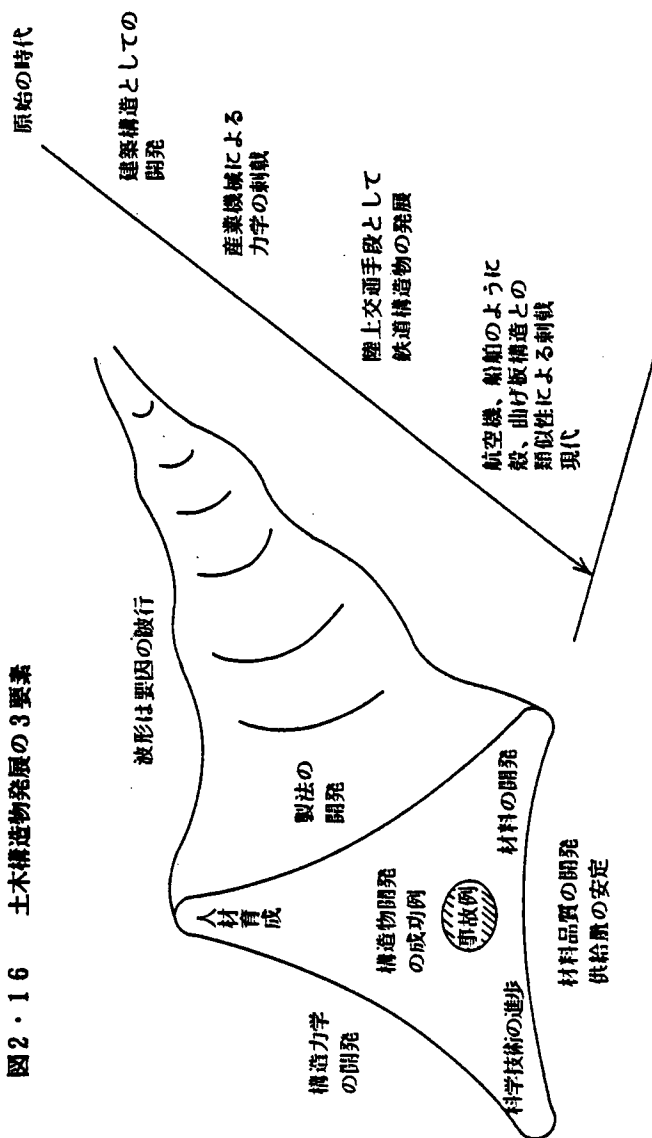
本論文で取りあげる道路橋・鉄軌道橋の構造物は、人及び物資の輸送手段としての自動車・蒸気機関車の発達によって、外力として働く載荷荷重にたいする安全性を保証しながら、一方では河川・港湾・市街地域等で、上部構造物を支える下部構造物としての橋脚の数を極力減らすことによって、地域とその環境からくる制約に影響されないように、上部構造物の支間を伸長することが、構造物の技術力を示す一つの指標であるとされてきたし、今後においてもこの指標は残されていくものである。

公共施設が人の社会集団にたいする安全への信頼性を保証したものであるもので、その裏側として信頼性を破ったものには罰が与えられる。現在 公の営造物にたいするものはBC. 2500年のハンムラビ<sup>11)</sup>法典の考え方を引継いでいる国家賠償法があるが、破損、破壊をおそれるあまり技術開発をないがしろにすると、社会の需要を満たさねばかりでなく経済、文化発達にもつながらない。

近代的要素を多くふくんだ土木構造物の開発は古くから行なわれている。16～17世紀頃は科学技術の開発への取組組織が弱かったが、優れた個人の力によって多くの美しい建物が建築された。その後 18世紀頃から卓越した能力を持った科学者集団の努力によって物理学から工学への発展した。土木構造物の技術進歩の指標として施設の支間伸長と共に供用荷重載荷方法についての制限の除却も忘れられない。たとえば 17世紀初期の吊橋が群がって通行する牛や馬車の通行による振動載荷にもあ<sup>12)</sup>る種の制限をかけられていた。

土木構造物の開発は その整備目的として需要要因を整理しその本来効果を追求することから始まる。一般的にいて、構造物の新設は巨費を要するのでその投資額と施設機能との相関的な経済性を考える。この効果を保つためには、図 2・16にかかげたように3つの主要因が図のように三角形の頂点として、三角錐の断面形状に影響を与えながら発展してきた。すなわちその3つの頂点の第1点は構造物の全体系及び部材断面が持つ力学特性の解明である。そして荷重として作用する外力に応答する形で部材断面に働く応力にたいし、許容耐荷力を持つ主として弾性材料の開発とその品質保証及び使用量の安定供給が第2点である。これらの2つの要素を最適化して融和させる技術を持った技術者人材の養成が第3点で、学校・研究所の設立を見落すことはできない。このような3要素から成る三角形の図 2・16の3角錐の尾は技術力が低級であった原始時代を表わし、供給施設そのものも機能も

図 2・16 土木構造物発展の 3 要素



その断面積で表現される程度の低いものであった。しかし文明開化は建築構造から産業機械を経て陸上交通手段としての道路、鉄道構造物のように、棒と板構成からなる固定施設へ、やがて高性能を持つ航空機、船舶などのような板と殻からなる移動施設へと発達し、それらの開発された技術はまた土木構造物の開発発展に貢献している。その技術開発の速さによる近代化はある時代では3つの要素のうち1つの要素が先行するなどして断面を表わす3角形に変形跛行をみせながらも、その断面積の広がり提供してきた施設の機能を表現している。そのなかにあって構造物として常に成功を納めているばかりではなく、あるときは破損破壊の事故を起して、その事故原因の追求が図2・17のようにまた新しい技術開発の要因となっている。

13)

たとえば1879年12月のTay橋の列車通過中の風速35m/secという設計時に予想しなかった外部荷重による落橋に由来して、構造物にたいする風荷重の研究、19世紀後半の鋼または錬鉄でつくられたOpen truss橋の圧縮上弦材の横方剛性不足による事故から曲げに伴うせん断応力発生メカニズムの解析、Quebec橋の2度にわたる建設中の落橋から棒の座屈問題の解析、1940年11月の風速19m/secの風荷重によるTacoma吊橋の橋桁のねぢれを伴う振動による落橋などなど、固定施設については一般人が発見し、報道されて事故原因の調査と対象から新らしく技術開発へと結びつきやすいし、また実行された。それにたいして移動施設として、De Havilland機の1953年5月のインド上空での墜落事故は、調査にあたった技術陣の見識不足から雷雨中のコントロールを失ったと報告されたが、同種の墜落事故が1954年4月ナポリ付近で再発し、実験室における機体加圧試験の結果機体の金属疲労による強度不足が発見された。その他第2次大戦中にアメリカで建造された全溶接の戦時標準船の4900隻中の940隻に1442件の金属の残留応力による脆性破壊など、この事故説明を実施実行できる能力をもった技術陣でないとその原因を追求できないものもある。

需要に応じる形で個別の構造物の開発史を物語ったのであるが、建設された構造物の長い供用期間の間には次第に老朽化し、華やかな建設時代ほどに世間の注目を集めにくくなっている。例えば、<sup>14)</sup>

「Manhattanを中心としたNew Yorkの街路、橋梁、道路で、Brooklyn橋はTowerstayのCableの切断、Williamsburg橋は主ケーブルの錆が進行して安全率が5から2.5に低下しているという。このように橋齢の大きな構造物はその企画、設計、建設から保守、維持管理にたいする対応が改めて求められている。この事は21世紀初頭をめざしての整備途上にあるわが国の土木施設全般について次のような教訓を示唆している。

1. 既存構造物の信頼性を保証するためには計画的な維持管理システムとそのための特定財源制度を

堅持していること。

2. 管理段階に着目した計画設計、施工と適時適切な維持修繕の重要性が高いこと。

3. 構造物の劣化あるいは老朽化にたいして技術開発が重要なこと。これは周到な調査と計画に基づき、新設の場合を越える高度な技術力による大々的な修復を必要とする。

以上土木構造物の安全性にまつわる諸要因も同種同類の事故形態から推察することが必要で、その作業も技術力を持った組織による取組が求められることが多い。

以上述べてきたように土木技術開発の歴史において現在の土木構造物にまで技術水準を高めてき要因のシステムは 表2.17の通り、需要を抽出し具体的な要求とし、この要求に対応するために構造現象の解析・材料開発・人材開発を3本柱とした研究開発の体系的な取り組みによって構造物を発展させてきた。その結果は具体的な土木構造物の設計・建設・供用の形で提供されてきた。その多くは慎重に研究開発をされたので成功するが、未知の現象・予測できない自然の外力のまえに残念ながら失敗した例も 前述のようにあって、それらの双方から、とくに 事故発生等の失敗経験にたいし、Tacoma橋のように、再度技術開発への挑戦を行って、これを成功させている例もある。このように考えるとここでも基本システムの要因分析とその評価・判定結果を原システムに追加しするRecycle が行なわれてきたことが明らかである。

この考え方を、著者が本論文で述べている基本システム流れ図にあてはめると図2.18の通りで、その骨格基本型を2本線の矢印とすると、建設工事と供用中のハードの具体土木構造物におこる要因は施設が成功であっても、それが失敗であっても 次回の構造物の計画管理システムには有効な要因分析結果を提供する。施設建設後のある期間を経て発生した破損・破壊についても同様であって、設計基準値と供用荷重値や予想できなかった要因の具体的な指示を技術者に提供する。従って、具体的施設についての維持管理からみた土木構造物の計画管理のシステム要因解析は重要であり、とくに新規の土木構造物を研究開発に注ぐ資質のある技術者は、設計計画の作業流れにおこる要因を改めて認識する必要がある。その意味から表2.25には技術開発史を3本柱からと、表2.26には社会経済発展に15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22) 23) 24) 25) 26) 27) 28) 29) 30) 31) 32) 33) 34) 35) 36) 37) 38) 39) 40) 41) 42) 43) 44) 45) 46) 47) 48) 49) 50) 51) 52) 53) 54) 55) 56) 57) 58) 59) 60) 61) 62) 63) 64) 65) 66) 67) 68) 69) 70) 71) 72) 73) 74) 75) 76) 77) 78) 79) 80) 81) 82) 83) 84) 85) 86) 87) 88) 89) 90) 91) 92) 93) 94) 95) 96) 97) 98) 99) 100) 101) 102) 103) 104) 105) 106) 107) 108) 109) 110) 111) 112) 113) 114) 115) 116) 117) 118) 119) 120) 121) 122) 123) 124) 125) 126) 127) 128) 129) 130) 131) 132) 133) 134) 135) 136) 137) 138) 139) 140) 141) 142) 143) 144) 145) 146) 147) 148) 149) 150) 151) 152) 153) 154) 155) 156) 157) 158) 159) 160) 161) 162) 163) 164) 165) 166) 167) 168) 169) 170) 171) 172) 173) 174) 175) 176) 177) 178) 179) 180) 181) 182) 183) 184) 185) 186) 187) 188) 189) 190) 191) 192) 193) 194) 195) 196) 197) 198) 199) 200) 201) 202) 203) 204) 205) 206) 207) 208) 209) 210) 211) 212) 213) 214) 215) 216) 217) 218) 219) 220) 221) 222) 223) 224) 225) 226) 227) 228) 229) 230) 231) 232) 233) 234) 235) 236) 237) 238) 239) 240) 241) 242) 243) 244) 245) 246) 247) 248) 249) 250) 251) 252) 253) 254) 255) 256) 257) 258) 259) 260) 261) 262) 263) 264) 265) 266) 267) 268) 269) 270) 271) 272) 273) 274) 275) 276) 277) 278) 279) 280) 281) 282) 283) 284) 285) 286) 287) 288) 289) 290) 291) 292) 293) 294) 295) 296) 297) 298) 299) 300) 301) 302) 303) 304) 305) 306) 307) 308) 309) 310) 311) 312) 313) 314) 315) 316) 317) 318) 319) 320) 321) 322) 323) 324) 325) 326) 327) 328) 329) 330) 331) 332) 333) 334) 335) 336) 337) 338) 339) 340) 341) 342) 343) 344) 345) 346) 347) 348) 349) 350) 351) 352) 353) 354) 355) 356) 357) 358) 359) 360) 361) 362) 363) 364) 365) 366) 367) 368) 369) 370) 371) 372) 373) 374) 375) 376) 377) 378) 379) 380) 381) 382) 383) 384) 385) 386) 387) 388) 389) 390) 391) 392) 393) 394) 395) 396) 397) 398) 399) 400) 401) 402) 403) 404) 405) 406) 407) 408) 409) 410) 411) 412) 413) 414) 415) 416) 417) 418) 419) 420) 421) 422) 423) 424) 425) 426) 427) 428) 429) 430) 431) 432) 433) 434) 435) 436) 437) 438) 439) 440) 441) 442) 443) 444) 445) 446) 447) 448) 449) 450) 451) 452) 453) 454) 455) 456) 457) 458) 459) 460) 461) 462) 463) 464) 465) 466) 467) 468) 469) 470) 471) 472) 473) 474) 475) 476) 477) 478) 479) 480) 481) 482) 483) 484) 485) 486) 487) 488) 489) 490) 491) 492) 493) 494) 495) 496) 497) 498) 499) 500) 501) 502) 503) 504) 505) 506) 507) 508) 509) 510) 511) 512) 513) 514) 515) 516) 517) 518) 519) 520) 521) 522) 523) 524) 525) 526) 527) 528) 529) 530) 531) 532) 533) 534) 535) 536) 537) 538) 539) 540) 541) 542) 543) 544) 545) 546) 547) 548) 549) 550) 551) 552) 553) 554) 555) 556) 557) 558) 559) 560) 561) 562) 563) 564) 565) 566) 567) 568) 569) 570) 571) 572) 573) 574) 575) 576) 577) 578) 579) 580) 581) 582) 583) 584) 585) 586) 587) 588) 589) 590) 591) 592) 593) 594) 595) 596) 597) 598) 599) 600) 601) 602) 603) 604) 605) 606) 607) 608) 609) 610) 611) 612) 613) 614) 615) 616) 617) 618) 619) 620) 621) 622) 623) 624) 625) 626) 627) 628) 629) 630) 631) 632) 633) 634) 635) 636) 637) 638) 639) 640) 641) 642) 643) 644) 645) 646) 647) 648) 649) 650) 651) 652) 653) 654) 655) 656) 657) 658) 659) 660) 661) 662) 663) 664) 665) 666) 667) 668) 669) 670) 671) 672) 673) 674) 675) 676) 677) 678) 679) 680) 681) 682) 683) 684) 685) 686) 687) 688) 689) 690) 691) 692) 693) 694) 695) 696) 697) 698) 699) 700) 701) 702) 703) 704) 705) 706) 707) 708) 709) 710) 711) 712) 713) 714) 715) 716) 717) 718) 719) 720) 721) 722) 723) 724) 725) 726) 727) 728) 729) 730) 731) 732) 733) 734) 735) 736) 737) 738) 739) 740) 741) 742) 743) 744) 745) 746) 747) 748) 749) 750) 751) 752) 753) 754) 755) 756) 757) 758) 759) 760) 761) 762) 763) 764) 765) 766) 767) 768) 769) 770) 771) 772) 773) 774) 775) 776) 777) 778) 779) 780) 781) 782) 783) 784) 785) 786) 787) 788) 789) 790) 791) 792) 793) 794) 795) 796) 797) 798) 799) 800) 801) 802) 803) 804) 805) 806) 807) 808) 809) 810) 811) 812) 813) 814) 815) 816) 817) 818) 819) 820) 821) 822) 823) 824) 825) 826) 827) 828) 829) 830) 831) 832) 833) 834) 835) 836) 837) 838) 839) 840) 841) 842) 843) 844) 845) 846) 847) 848) 849) 850) 851) 852) 853) 854) 855) 856) 857) 858) 859) 860) 861) 862) 863) 864) 865) 866) 867) 868) 869) 870) 871) 872) 873) 874) 875) 876) 877) 878) 879) 880) 881) 882) 883) 884) 885) 886) 887) 888) 889) 890) 891) 892) 893) 894) 895) 896) 897) 898) 899) 900) 901) 902) 903) 904) 905) 906) 907) 908) 909) 910) 911) 912) 913) 914) 915) 916) 917) 918) 919) 920) 921) 922) 923) 924) 925) 926) 927) 928) 929) 930) 931) 932) 933) 934) 935) 936) 937) 938) 939) 940) 941) 942) 943) 944) 945) 946) 947) 948) 949) 950) 951) 952) 953) 954) 955) 956) 957) 958) 959) 960) 961) 962) 963) 964) 965) 966) 967) 968) 969) 970) 971) 972) 973) 974) 975) 976) 977) 978) 979) 980) 981) 982) 983) 984) 985) 986) 987) 988) 989) 990) 991) 992) 993) 994) 995) 996) 997) 998) 999) 1000) 1001) 1002) 1003) 1004) 1005) 1006) 1007) 1008) 1009) 1010) 1011) 1012) 1013) 1014) 1015) 1016) 1017) 1018) 1019) 1020) 1021) 1022) 1023) 1024) 1025) 1026) 1027) 1028) 1029) 1030) 1031) 1032) 1033) 1034) 1035) 1036) 1037) 1038) 1039) 1040) 1041) 1042) 1043) 1044) 1045) 1046) 1047) 1048) 1049) 1050) 1051) 1052) 1053) 1054) 1055) 1056) 1057) 1058) 1059) 1060) 1061) 1062) 1063) 1064) 1065) 1066) 1067) 1068) 1069) 1070) 1071) 1072) 1073) 1074) 1075) 1076) 1077) 1078) 1079) 1080) 1081) 1082) 1083) 1084) 1085) 1086) 1087) 1088) 1089) 1090) 1091) 1092) 1093) 1094) 1095) 1096) 1097) 1098) 1099) 1100) 1101) 1102) 1103) 1104) 1105) 1106) 1107) 1108) 1109) 1110) 1111) 1112) 1113) 1114) 1115) 1116) 1117) 1118) 1119) 1120) 1121) 1122) 1123) 1124) 1125) 1126) 1127) 1128) 1129) 1130) 1131) 1132) 1133) 1134) 1135) 1136) 1137) 1138) 1139) 1140) 1141) 1142) 1143) 1144) 1145) 1146) 1147) 1148) 1149) 1150) 1151) 1152) 1153) 1154) 1155) 1156) 1157) 1158) 1159) 1160) 1161) 1162) 1163) 1164) 1165) 1166) 1167) 1168) 1169) 1170) 1171) 1172) 1173) 1174) 1175) 1176) 1177) 1178) 1179) 1180) 1181) 1182) 1183) 1184) 1185) 1186) 1187) 1188) 1189) 1190) 1191) 1192) 1193) 1194) 1195) 1196) 1197) 1198) 1199) 1200) 1201) 1202) 1203) 1204) 1205) 1206) 1207) 1208) 1209) 1210) 1211) 1212) 1213) 1214) 1215) 1216) 1217) 1218) 1219) 1220) 1221) 1222) 1223) 1224) 1225) 1226) 1227) 1228) 1229) 1230) 1231) 1232) 1233) 1234) 1235) 1236) 1237) 1238) 1239) 1240) 1241) 1242) 1243) 1244) 1245) 1246) 1247) 1248) 1249) 1250) 1251) 1252) 1253) 1254) 1255) 1256) 1257) 1258) 1259) 1260) 1261) 1262) 1263) 1264) 1265) 1266) 1267) 1268) 1269) 1270) 1271) 1272) 1273) 1274) 1275) 1276) 1277) 1278) 1279) 1280) 1281) 1282) 1283) 1284) 1285) 1286) 1287) 1288) 1289) 1290) 1291) 1292) 1293) 1294) 1295) 1296) 1297) 1298) 1299) 1300) 1301) 1302) 1303) 1304) 1305) 1306) 1307) 1308) 1309) 1310) 1311) 1312) 1313) 1314) 1315) 1316) 1317) 1318) 1319) 1320) 1321) 1322) 1323) 1324) 1325) 1326) 1327) 1328) 1329) 1330) 1331) 1332) 1333) 1334) 1335) 1336) 1337) 1338) 1339) 1340) 1341) 1342) 1343) 1344) 1345) 1346) 1347) 1348) 1349) 1350) 1351) 1352) 1353) 1354) 1355) 1356) 1357) 1358) 1359) 1360) 1361) 1362) 1363) 1364) 1365) 1366) 1367) 1368) 1369) 1370) 1371) 1372) 1373) 1374) 1375) 1376) 1377) 1378) 1379) 1380) 1381) 1382) 1383) 1384) 1385) 1386) 1387) 1388) 1389) 1390) 1391) 1392) 1393) 1394) 1395) 1396) 1397) 1398) 1399) 1400) 1401) 1402) 1403) 1404) 1405) 1406) 1407) 1408) 1409) 1410) 1411) 1412) 1413) 1414) 1415) 1416) 1417) 1418) 1419) 1420) 1421) 1422) 1423) 1424) 1425) 1426) 1427) 1428) 1429) 1430) 1431) 1432) 1433) 1434) 1435) 1436) 1437) 1438) 1439) 1440) 1441) 1442) 1443) 1444) 1445) 1446) 1447) 1448) 1449) 1450) 1451) 1452) 1453) 1454) 1455) 1456) 1457) 1458) 1459) 1460) 1461) 1462) 1463) 1464) 1465) 1466) 1467) 1468) 1469) 1470) 1471) 1472) 1473) 1474) 1475) 1476) 1477) 1478) 1479) 1480) 1481) 1482) 1483) 1484) 1485) 1486) 1487) 1488) 1489) 1490) 1491) 1492) 1493) 1494) 1495) 1496) 1497) 1498) 1499) 1500) 1501) 1502) 1503) 1504) 1505) 1506) 1507) 1508) 1509) 1510) 1511) 1512) 1513) 1514) 1515) 1516) 1517) 1518) 1519) 1520) 1521) 1522) 1523) 1524) 1525) 1526) 1527) 1528) 1529) 1530) 1531) 1532) 1533) 1534) 1535) 1536) 1537) 1538) 1539) 1540) 1541) 1542) 1543) 1544) 1545) 1546) 1547) 1548) 1549) 1550) 1551) 1552) 1553) 1554) 1555) 1556) 1557) 1558) 1559) 1560) 1561) 1562) 1563) 1564) 1565) 1566) 1567) 1568) 1569) 1570) 1571) 1572) 1573) 1574) 1575) 1576) 1577) 1578) 1579) 1580) 1581) 1582) 1583) 1584) 1585) 1586) 1587) 1588) 1589) 1590) 1591) 1592) 1593) 1594) 1595) 1596) 1597) 1598) 1599) 1600) 1601) 1602) 1603) 1604) 1605) 1606) 1607) 1608) 1609) 1610) 1611) 1612) 1613) 1614) 1615) 1616) 1617) 1618) 1619) 1620) 1621) 1622) 1623) 1624) 1625) 1626) 1627) 1628) 1629) 1630) 1631) 1632) 1633) 1634) 1635) 1636) 1637) 1638) 1639) 1640) 1641) 1642) 1643) 1644) 1645) 1646) 1647) 1648) 1649) 1650) 1651) 1652) 1653) 1654) 1655) 1656) 1657) 1658) 1659) 1660) 1661) 1662) 1663) 1664) 1665) 1666) 1667) 1668) 1669) 1670) 1671) 1672) 1673) 1674) 1675) 1676) 1677) 1678) 1679) 1680) 1681) 1682) 1683) 1684) 1685) 1686) 1687) 1688) 1689) 1690) 1691) 1692) 1693) 1694) 1695) 1696) 1697) 1698) 1699) 1700) 1701) 1702) 1703) 1704) 1705) 1706) 1707) 1708) 1709) 1710) 1711) 1712) 1713) 1714) 1715) 1716) 1717) 1718) 1719) 1720) 1721) 1722) 1723) 1724) 1725) 1726) 1727) 1728) 1729) 1730) 1731) 1732) 1733) 1734) 1735) 1736) 1737) 1738) 1739) 1740) 1741) 1742) 1743) 1744) 1745) 1746) 1747) 1748) 1749) 1750) 1751) 1752) 1753) 1754) 1755) 1756) 1757) 1758) 1759) 1760) 1761) 1762) 1763) 1764) 1765) 1766) 1767) 1768) 1769) 1770) 1771) 1772) 1773) 1774) 1775) 1776) 1777) 1778) 1779) 1780) 1781) 1782) 1783) 1784) 1785) 1786) 1787) 1788) 1789) 1790) 1791) 1792) 1793) 1794) 1795) 1796) 1797) 1798) 1799) 1800) 1801) 1802) 1803) 1804) 1805) 1806) 1807) 1808) 1809) 1810) 1811) 1812) 1813) 1814) 1815) 1816) 1817) 1818) 1819) 1820) 1821) 1822) 1823) 1824) 1825) 1826) 1827) 1828) 1829) 1830) 1831) 1832) 1833) 1834) 1835) 1836) 1837) 1838) 1839) 1840) 1841) 1842) 1843) 1844) 1845) 1846) 1847) 1848) 1849) 1850) 1851) 1852) 1853) 1854) 1855) 1856) 1857) 1858) 1859) 1860) 1861) 1862) 1863) 1864) 1865) 1866) 1867) 1868) 1869) 1870) 1871) 1872) 1873) 1874) 1875) 1876) 1877) 1878) 1879) 1880) 1881) 1882) 1883) 1884) 1885) 1886) 1887) 1888) 1889) 1890) 1891) 1892) 1893) 1894) 1895) 1896) 1897) 1898) 1899) 1900) 1901) 1902) 1903) 1904) 1905) 1906) 1907) 1908) 1909) 1910) 1911) 1912) 1913) 1914) 1915) 1916) 1917) 1918) 1919) 1920) 1921) 1922) 1923) 1924) 1925) 1926) 1927) 1928) 1929) 1930) 1931) 1932) 1933) 1934) 1935) 1936) 1937) 1938) 1939) 1940) 1941) 1942) 1943) 1944) 1945) 1946) 1947) 1948) 1949) 1950) 1951) 1952) 1953) 1954) 1955) 1956) 1957) 1958) 1959) 1960) 1961) 1962) 1963) 1964) 1965) 1966) 1967) 1968) 1969) 1970) 1971) 1972) 1973) 1974) 1975) 1976) 1977) 1978) 1979) 1980) 1981) 1982) 1983) 1984) 1985) 1986) 1987) 1988) 1989) 1990) 1991) 1992) 1993) 1994) 1995) 1996) 1997) 1998) 1999) 2000) 2001) 2002) 2003) 2004) 2005) 2006) 2007) 2008) 2009) 2010) 2011) 2012) 2013) 2014) 2015) 2016) 2017) 2018) 2019) 2020) 2021) 2022) 2023) 2024) 2025) 2026) 2027) 2028) 2029) 2030) 2031) 2032) 2033) 2034) 2035) 2036) 2037) 2038) 2039) 2040) 2041) 2042) 2043) 2044) 2045) 2046) 2047) 2048) 2049) 2050) 2051) 2052) 2053) 2054) 2055) 2056) 2057) 2058) 2059) 2060) 2061) 2062) 2063) 2064) 2065) 2066) 2067) 2068) 2069) 2070) 2071) 2072) 2073) 2074) 2075) 2076) 2077) 2078) 2079) 2080) 2081) 2082) 2083) 2084) 2085) 2086) 2087) 2088) 2089) 2090) 2091) 2092) 2093) 2094) 2095) 2096) 2097) 2098) 2099) 2100) 2101) 2102) 2103) 2104) 2105) 2106) 2107) 2108) 2109) 2110) 2111) 2112) 2113) 2114) 2115) 2116) 2117) 2118) 2119) 2120) 2121) 2122) 2123) 2124) 2125) 2126) 2127) 2128) 2129) 2130) 2131) 2132) 2133) 2134) 2135) 2136) 2137) 213

表 2・17 土木構造物の開発史におけるRe-Cycle System

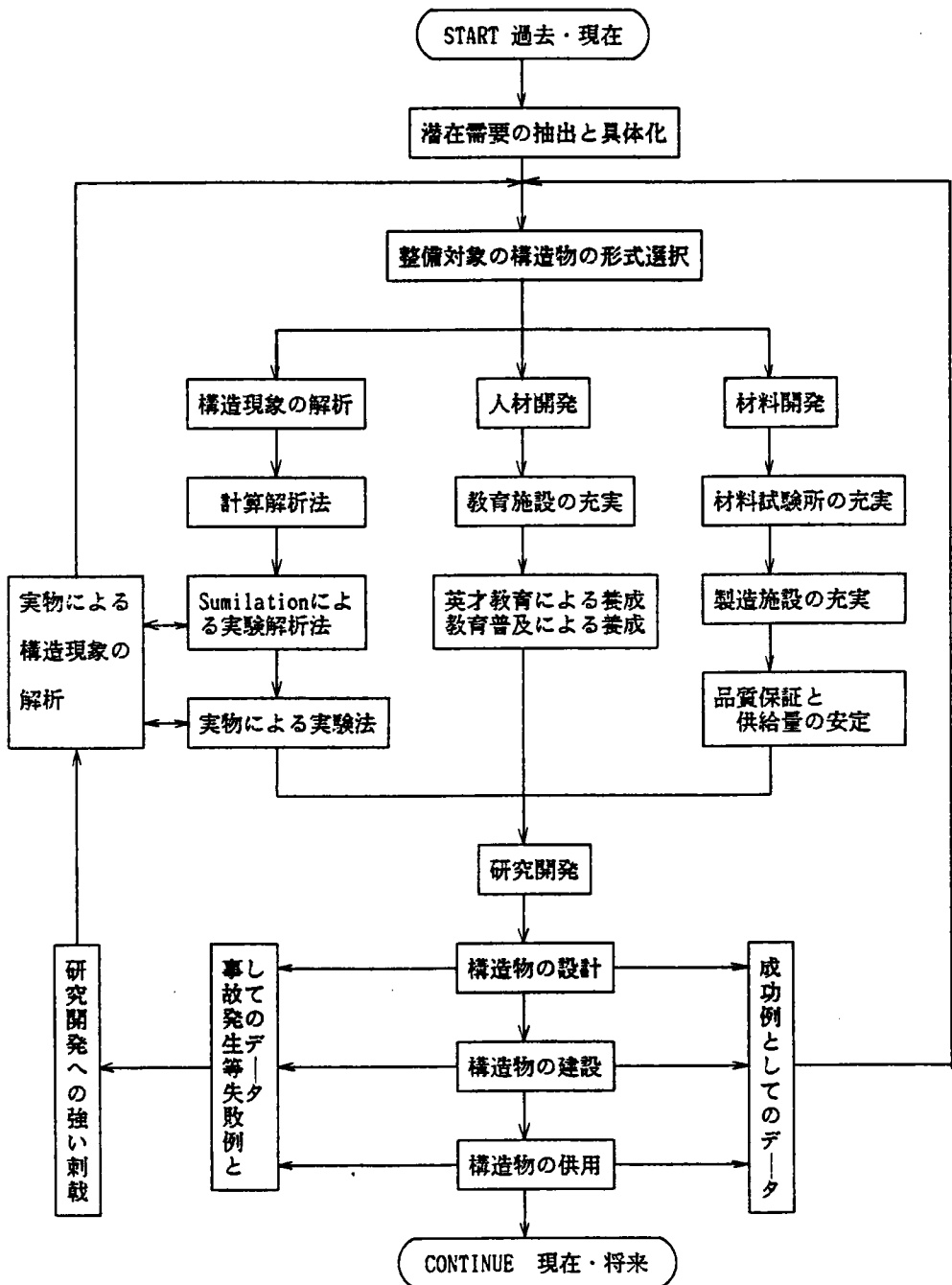






圖 2 · 18

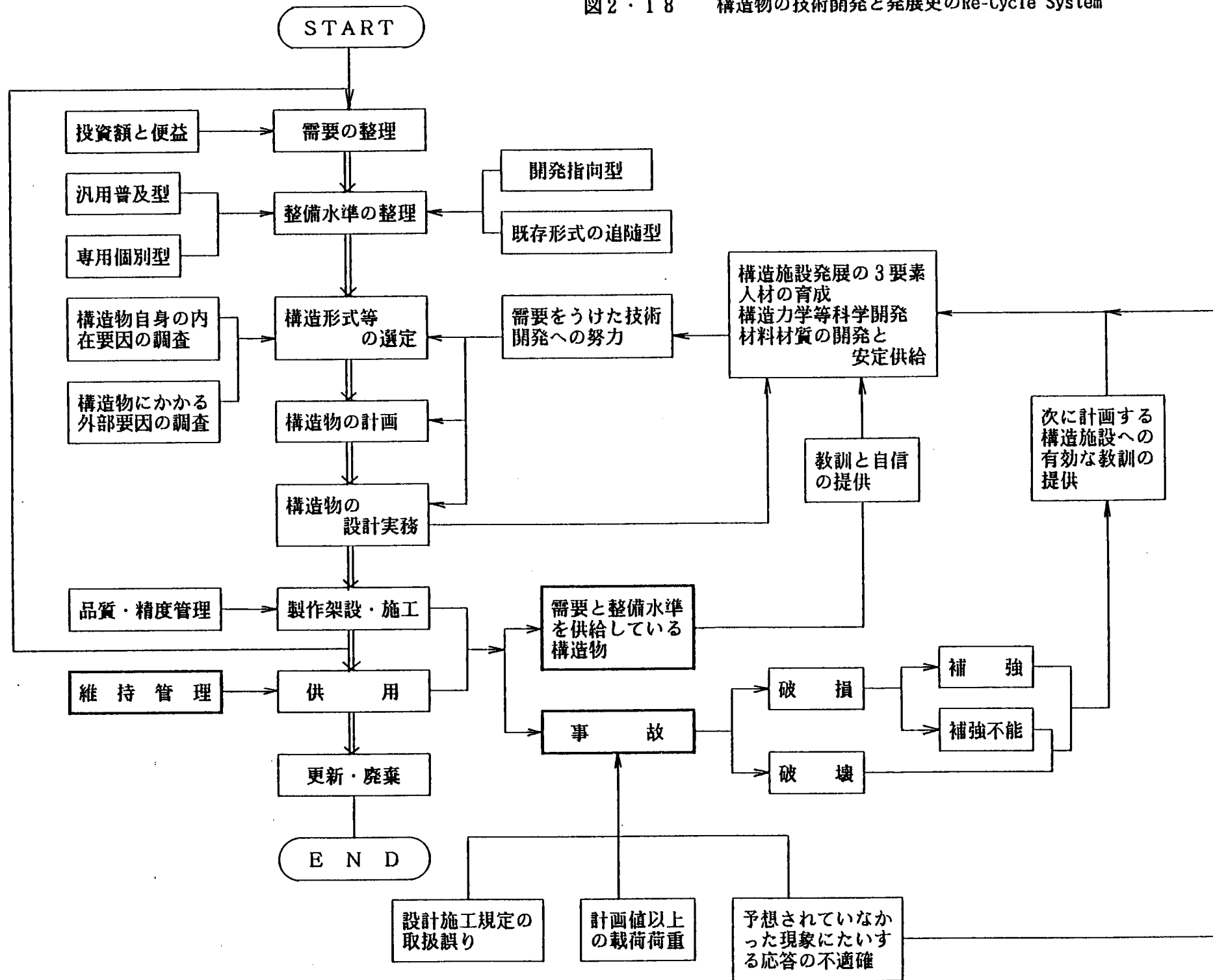


表2・25 力学解析・材料開発・人材養成施設回折の年譜

試験実験	材料	現象の力学解析	解法改良	1800																1900																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				材料力学、数理弾性学のあけぼの				材料力学、数理弾性論		材料力学、構造力学、弾性論、		材料力学、弾性論、構造力学																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				鉄道技術革命と材料力学																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
ドイツ工科大学誕生	曲げ試験機	風の理論 弾性係数	力学書の出版																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</

表 2・26 構造物開発と事故の年譜

1800	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1900	10	20	30	40	50	60					
数理解弾性学のあけぼの					数理解弾性論					鉄道技術革命		材料力学	構造力学	弾性論	材料力学		弾性論	構造力学			
アーチ 吊橋					トラス構造												箱桁 殻構造				
成功例					失敗例																
・ J. Finley によるアメリカ最初の吊橋					鉄道建設に																
					小支間は I ビーム橋																
					大支間は箱桁・トラス																
・ ライト兄弟					・ Menai 橋 ( $\ell = 177$ m)																
・ 蒸気船 (フルトン)					・ コンクェイ鉄製箱橋																
・ 蒸気機関車 (Stevenson) 試運転					・ (米) ワーレントラス鉄製橋																
					・ Britannia Tubular Bridge ( $\ell = 140$ m)																
					・ (米) ハウトラス鉄製 (ワイプアップル)																
・ ドイツ産業革命																					
・ ストックトン・ダーリントンに最初の鉄道																					
・ ボルチモア・オハイオに米最初の鉄道																					
・ ライプツヒ・ドレスデンに鉄道開通																					
・ ベテルスブルグ・ザルスコエ・セロ (ロ) 鉄道開通																					
・ 西部Gold Rush																					
・ 製鋼法ベッセマー																					
・ ロンドン地下鉄開通					ドイツ鉄道建設																
・ アメリカ大陸横断鉄道完成					・ Tay 橋 (1879-12-29) 設計過小																
・ ニューヨーク地下鉄開通																					
・ 新橋・横浜鉄道開通																					
					・ A.G.Eiffel Tower ( $h = 295$ m)																
・ 無線電信					・ Open trussの落橋 橋座屈																
					・ Quebec I 落橋 (1907-8-29) 座屈																
					・ Quebec II 落橋 (1916-9-11) 座屈																
					・ Hasselt 横落橋 (1938-5-14) 遅れ破壊																
					・ Tacoma落橋 (1940-11-7) 風安定																
					・ タンカー沈没 脆性破壊																
・ ロケットの実用化																					
・ 人口衛星					・ De Haviland 墜落 疲労破壊																
					・ 2nd Narrows, Vancouver																
					・ Ferry Bridge Tower (1965-12-1) 風の共振																
					・ タンカー沈没																



## 2-6 交通施設の社会資本としての評価

道路・鉄軌道の交通施設は都市における機能的活動のための基本手段を提供するばかりでなく、土地の区画割のための公共空間の確保をはじめ都市にたいして人口、産業、住宅、商業、工業へも影響効果がある都市施設と位置づけられ、広い地域に生活を営む人への公共の福祉を提供する。いま道路・鉄軌道の都市施設を整備建設することによって、都市の合理的な土地利用、都市機能の維持増進、都市環境の保全等へ影響は結局、都市計画法で取り扱う表2・27の項目としての地域地区指定、土地利用の促進、都市施設の整備等と同様の目的をもつものである。これらにふくまれる諸要因はすなわち交通施設の社会資本としての評価判定を考えるための要因にもなる。このような社会活動の基盤の主要要因となる道路・鉄軌道などの路線型交通運輸の整備計画策定論は、多種多様の要因の優先度・重要度の比較の集積で、これらの原点は住民個人個人の日常生活における慾望の集積体と考えることができる。さらに住民個人個人はその生活態度によって各要因にたいして価値評価も異なるし、社会資本整備の投資を負担した現在と、その便益を享受する将来とでも差異が予想されるので、結局のところ住民意見を何らかの手続きによって集約したものとしての多数決議決によらざるを得ない。

17)

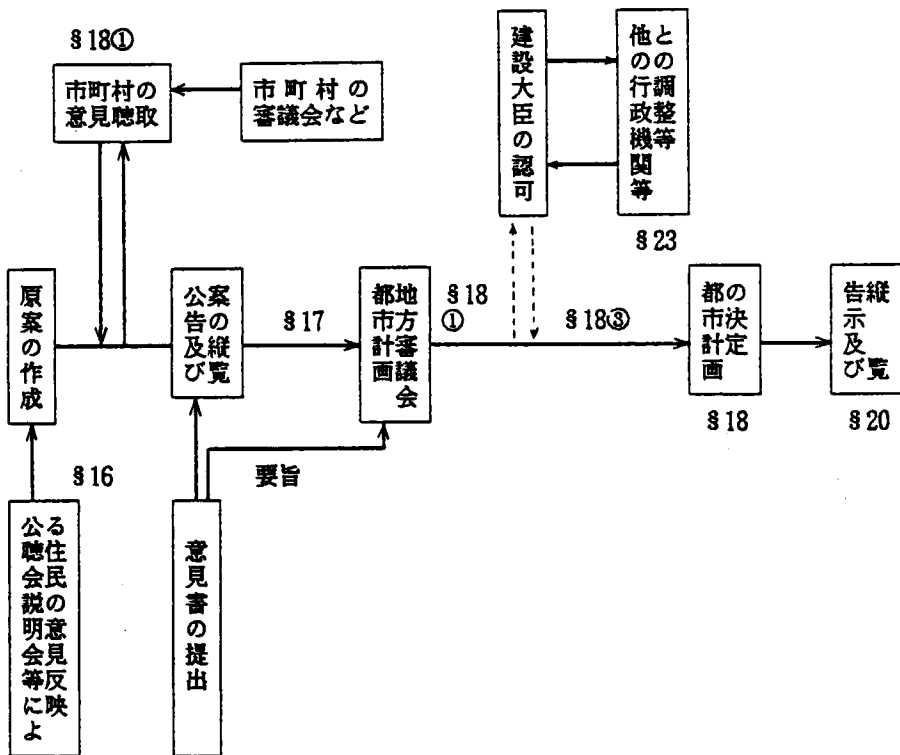
表2・27 都市計画における地域指定とその目的及び要因

計画の項目	要 因	目 的
市街化区域と市街化調整区域	当該都市の発展の動向 計画区域における人口・産業の将来見通し 産業活動の利便 居住環境の保全	国土の合理的利用の確保 効率的な公共投資
地域地区	土地の自然的条件及び土地利用の動向 住居、商業、工業、その他への土地の適正配分	都市機能の維持増進 住居の環境保全、と商業・工業等の利便の増進 都市美観風致の維持 公害防止
促進区域	関係権利者による権利整理	市街地の計画的な整備と開発
都市施設	土地利用 交通の現状及び将来の見通し	円滑な都市活動の確保 良好な都市環境の保持
総合的な施策	人口、産業、住宅、建物、交通、工場立地等	健康で文化的な都市生活の享受

複雑多岐に渡る需要を都市施設への計画策定とその整備水準を評価する方法として都市計画法では図 2・19の手続を経ることになっている。すなわち公共施設の整備計画の原案作成者としての国及び地方公共団体が計画案をまとめる。この整備・開発案は当然それを設置する地域に土地利用にたいする制限、都市構造に大きな影響を及ぼすために直接住民の意見を反映できるように規則に基づく手続に従って公聴会、説明会等を開催する。また地域の直接行政機関である市町村及びその審議会の意見もふくめて成案となったものを公共の場所へ一定の期間に亘って公衆への周知徹底がはかれるよう公告し、利害関係人にたいしての案の縦覧手続によって意見書の提出を求める機会を設ける。これらの意見書もふまえて「都市計画地方審議会の組織及び運営の基準を定める政令」に従って 都道府県知事が設置した都市計画地方審議会で調査審議される。その委員構成は都道府県の人口規模によって異なるが表 2・28ような5分野から構成されて、知事によって任命されている。

1)  
図 2・19 都市計画事業の手続き流れ図

都道府県知事が定める都市計画の決定手続



以上のように都市における基本的な社会資本としての評価は行政庁の組織（表 2・5 で示した大阪府における行政種目を担当する部局名）、あるいは投資事業の公共性・企業性による財政学か経営学か、住民の権利としての法律、都市環境、都市活動としての商工業等 非常に幅広い要因の総集約である行政機関の設置した公的審議会の場における過半を占めるか否かの票決によることになる。

18)

表 2・28 都市計画地方審議会委員数とその構成

委員構成	専 門 分 野	委員数 (人)
学識経験者	法律・経済・都市計画・土木・建築・造園・農業・商工業・交通・環境衛生・その他	4～10
関係行政機関の職員	国の行政機関としての財務局、地方農政局・通産局・陸運局・地方建設局・国有鉄道の局長又は部長、等	6～ 9
市町村の長を代表するもの		1～ 3
都道府県の議会の議員		3～10
市町村議会の議長を代表する者		1～ 3
計		15～35

このような 行政手続を経て施設整備計画がまとめられた公共施設の建設工事と供用中の機能提供による便益 及び供用終了後の残存資産の波及効果などをふくめた評価を考える。いま一つの公共施設の誕生から廃棄処理に至る時間を横軸に、ある時間における施設が及ぼす社会的便益を縦軸にとって、ライフサイクルにおける便益曲線を画いてみると図 2・20のようにプロジェクト開始時から施設のもつ本来機能・副次的機能・波及効果などの影響の研究開発から計画・設計がまとまり、建設工事を経て供用開始されて安定した便益を提供する。 供用期間中は施設管理者によって機能と強度が保証されるように保安維持管理がなされている。経年と共に機能劣化を生じてやがて施設の補強か廃棄かの検討を経て、財産が処理される。これら一連の行為における便益曲線と横軸で囲まれた面積がその施設として公共投資の可否を評価する量であると考えることができる。

図 2・20 公共施設の投資額にたいする便益流れ図

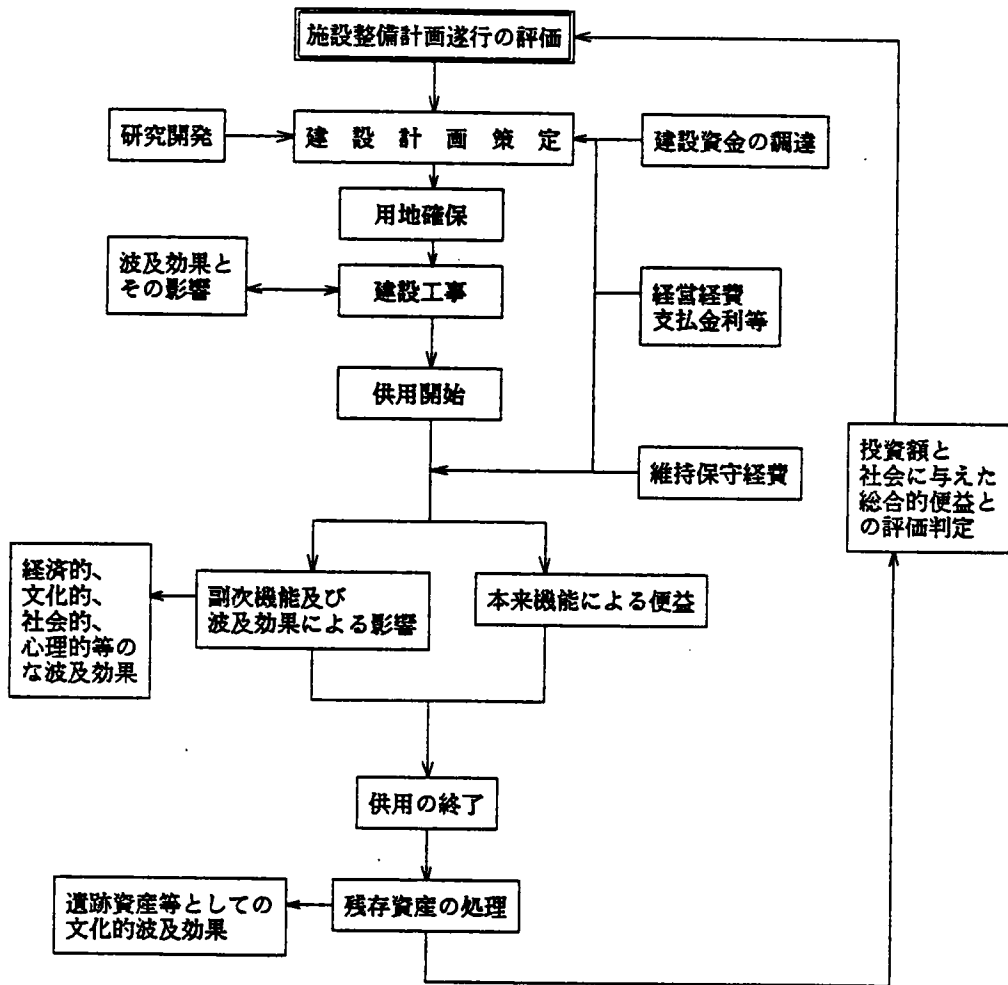
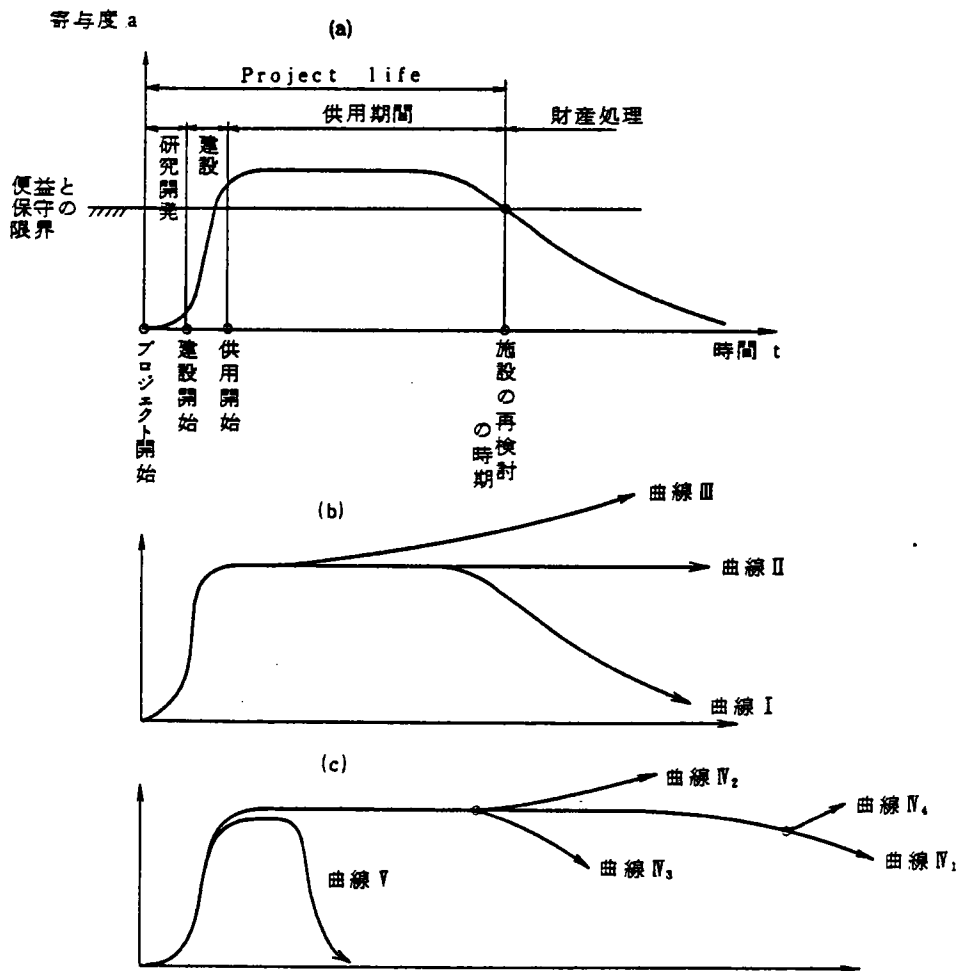




図 2・21 公共施設のライフサイクル



いま 公共の福祉という総合包括的な意味をもった評価判定法によって、一つの公共施設の整備にかかわる損益計算を考える。施設の計画策定がされた後は図 2・20の流れ図に従って 建設にかかる用地確保及び本体施設施工と周辺環境対策への費用が調達されて、現物施工に至る。工事の竣工後に機能と安全性が確認されて供用が開始される。供用開始がされて後の長い期間を施設整備の第一要因としての本来機能を発揮するが、その他にも施設が設置地域にさまざまな副次的、波及的な影響と効果も同時に発生している。

施設の運営管理費もふくめた資金需要額を  $I$  とし、本来機能による直接的な便益と副次・波及効果による間接的な便益の和を  $B$  とすると、それらの差が施設整備によって得た社会的な利潤  $M$  となり、

$$M = B - I \quad (2.1)$$

とかける。

施設自身は供用中のある単位時間帯  $t$  において、社会便益に寄与しているかを表す尺度を寄与度  $a$  と名付けると、図 2・21(a)のように施設の形状形態が存在する期間の便益を表していた  $B$  は 横軸と曲線で囲まれた面積であるので、

$$B = \int_t f(a) dt \quad (2.2)$$

とかける。さらに 寄与度自身 時代経過のなかでは都市生活の質の変化によって、直接利用者と環境景観問題としての設置位置付近住民への間接効果によるので 時間にたいする関数として、

$$a = g(t) \quad (2.3)$$

とも考えられる。

(2.1) を書き改めると結局

$$\begin{aligned} M &= \int_t f(a) dt - I \\ &= \int_t f[g(t)] dt - I \end{aligned} \quad (2.4)$$

となる。

施設が社会に与えた程度・効果を評価するため、いま (2.1) を投資額で微分すると、

$$\frac{dM}{dI} = \frac{\partial B}{\partial a} \cdot \frac{\partial a}{\partial I} + \frac{\partial B}{\partial t} \cdot \frac{\partial t}{\partial I} - 1 \quad (2.5)$$

となる。

ここで、それぞれの項の持つ意味を考えてみることにする。

まず、便益と寄与度の勾配係数は、

$$\frac{\partial B}{\partial a} = \frac{\partial B}{\partial g(t)} \cdot \frac{\partial g(t)}{\partial a}$$

となって、すべて、評価時代における影響が入っていて、第3項の  $\frac{\partial B}{\partial t}$  の表現内容と同質のものである。

また  $\frac{\partial t}{\partial I}$  は建設費にたいする支払金利及び維持管理にかかる経費を意味している。利潤  $\frac{dM}{dI}$  を最大にするためには便利と寄与度の勾配を表す係数  $\frac{\partial B}{\partial g(t)}$ 、 $\frac{\partial B}{\partial t}$  及び寄与度にかかる経費としての係数  $\frac{\partial a}{\partial I}$  を大きくし、経年による維持管理費を表す係数  $\frac{\partial t}{\partial I}$  を小さくするとよい。

これらの事柄は施設の種類・規模、社会資本度等について表現されていくので、整備にたいする計画策定論の要因分析流れは図 2・22のようにまとめることができる。従って、その効果判定には表 2・27でかかげた多種多様の要因項目による住民のその時代における総意になるので、結局のところは多数決議論による直接的あるいは間接的な採決によらざるをえない。ここに、公共施設の評価判定は施設の直接利潤を追求する経営学的なものではなく、いくら投資したか、その投資施設が地域全体住民の現在と将来にどのように評価されるかという投資額のみを説明する行政団体が実施している財政学的見地に立つことになる。公共施設はその規模・投資額・供用年限の長さによって次のように分類される。したがって、建設時点の評価と施設の将来における評価は図 21, (b)(c)のように変わる。

その意味においては、施設の公共性は表 2・27で説明した事業の内容とその性格付によって社会に与える便益要因が異なる。公共施設存続期間の1つの時間帯を切り取った現在という時限について、地域に生活を営む住民は文化的、経済的、社会的、心理的意識によって、自己の生活繁栄と充実感に基づいた公共施設の量と質についての要求意識を持っている。これら需要にたいして良好な環境の形成に努めるための行政団体が計画の適切な遂行手段として土地利用とその促進のために公共施設の整備のために計画策定作業を実施する。この公共施設の整備水準としては、当然のことながらその時代の地域の経済政策と共同の公共負担としての税収に基盤を持つ財政学的投資可能な資金を想定して、施設自身の機能が持つ公共性と企業性による予算枠を決める。こ

こでいう公共性とは一般の交通の用に供する道路のように公共行政団体が国土保全、民政安定の主要因から全額負担するものを指している。鉄軌道では、敷設目的が便益をうける直接利用者による運賃料金など受益者負担が原則であるが建設とその運営経費が住民の生活の基本支出としての公共料金的性格によって規制されていて、整備計画とその執行が成立しにくいときは公共資金の補助による建設資金の肩割り（図 2・15におけるモノレール道整備・国鉄線補助）、運営資金の補助（公営地下鉄、民鉄による新線建設、ニュータウン線建設）が行なわれる。その他政府系銀行による低利融資制度（日本開発銀行による都市整備資金融資等）がある。この点において利的企業の建設整備・運用がその事業性格の公共性公益性の評価による政府系銀行による融資貸付は制度での範囲にあるところからも、事業の経営安定化にたいする公共の福祉からみた違いが大きい。これらの施設整備にたいする資金種別と投資額にたいして、社会便益が比較評価されるので、その整備水準としては公共構造物の俗に永久といわれるほどの長い年月における機能と安全にたいする証と信頼性の確認はもっとも重要な事柄であって、この意味では土木構造物の経済性を建設の一段階で評価判定するのはなじまない。

次に公共施設もその土木構造物の種類規模によって公共経済学的評価判断の要因の優先度をみなおすことが必要である。すなわち、機能を持った路線施設としての道路・鉄軌道を敷設する土地空間は、施設への機能附加のためでも有限の国家資産としての用地面積確保が困難な時代に入ってきた。とくに開発された市街地では沿道に公共施設と匹敵する規模の施設整備（私的もふくめた）が行なわれ、これらの施設の補償弁済額が公共負担に耐えられない巨額になってきている。この場合は公共施設の機能回復・更新の手段手法は既存の所有している土地空間の多重多層活用（平面における一本脚柱による高架道路の建設、地下占用としての地下埋設共同溝、地下鉄建設、多重多層利用として船場ビルにおける専用道路を屋上に地下鉄隧道を基礎工にした企業活動・空間・建築物を折り込んだ井池改修等）への転進が求められる。しかしながら、このような土地の利用については施設建設に際しての困難もさることながら、維持管理にたいする財産帰属権、機能強度の保証の責任範囲の混在と、供用使用後の補修補強についての区域の取扱い、さらに構造物の構造系の力学的不可分性及び補修・改修作業の余裕空間の欠落による困難性から将来にたいしての多くの問題を積み込まれてきている。

施設の規模については一度建設されると地域への土地区画割、土地利用にたいして大きな影響を持つ巨大施設（淀川に架設される長大橋の建設位置と構造機能との関連等）は、社会資本としての重要度も高くかつ供用年限も長い。さらにその形状景観は地域の社会文化への波及効果も多い。このような構造施設が機能障害をおこしたときは社会生活に及ぼす心理的な効果もふくまれるものでその計画

にあたっては耐用年数とともに、余寿命伸長のための余裕を負荷内蔵させる工夫が必要である。

次に地域の将来的な利用変更にたいしてその設置位置が絶対値な条件となりにくい程度の中小規模施設については、4-2章で後述するように前後の道路線型改良、鉄軌道の運転速度の高上、設計荷重基準値の改訂によって機能が陳腐化し、施設全体の更新計画のなかで見直されている場合が多い。従って、公共施設というものの将来への機能・強度についての自由度の余剰負荷についての要求の程度は低いと考えられるので、類似の施設から類推した構造部材の材料の老朽化・管理団体の維持保守にかけ技術力・予算措置能力等からみた耐用年数にたいする便益として取り扱うことが妥当であろう。

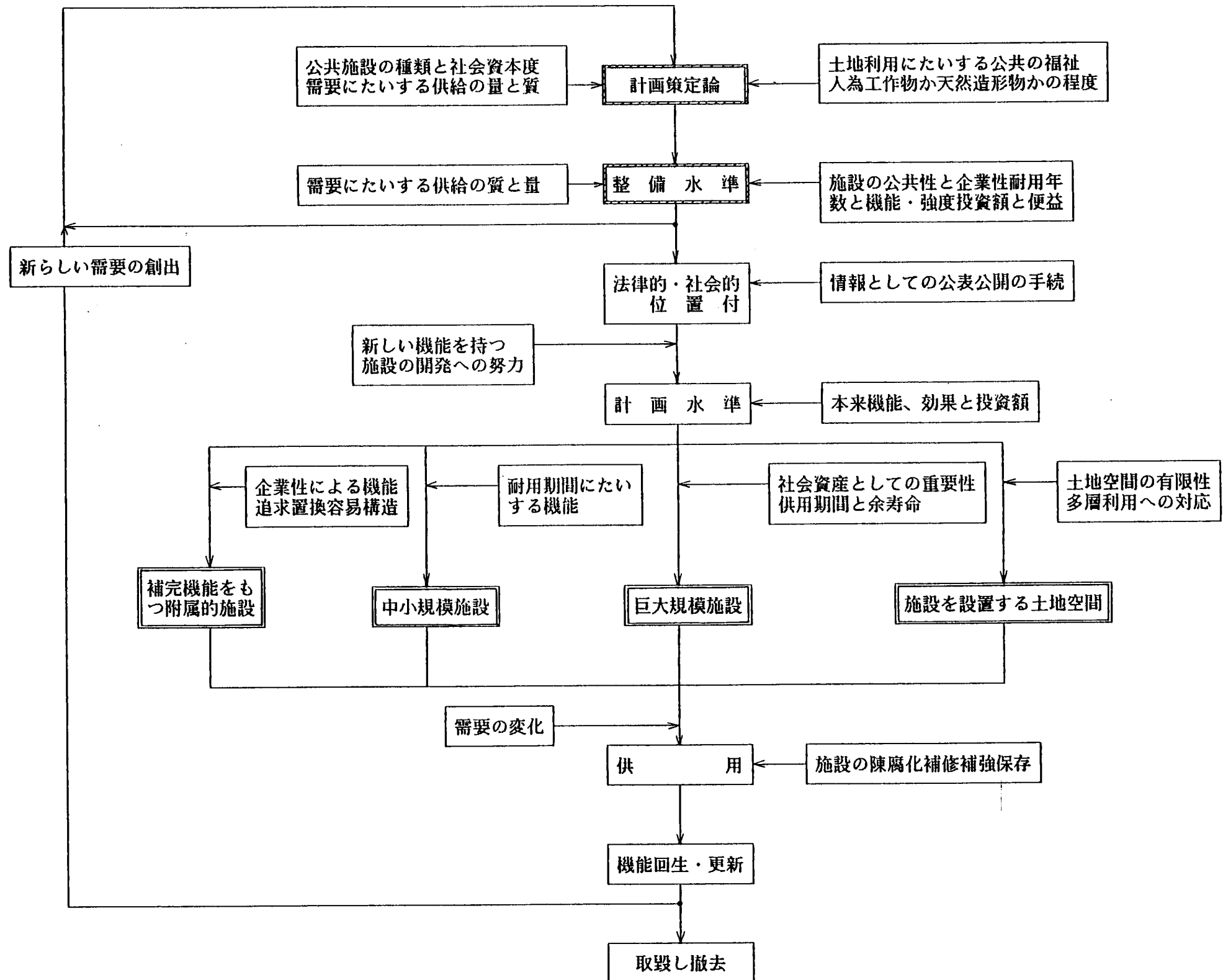
以上公共施設として、道路橋・鉄道橋本体を中心に話を進めてきたが、4-3章で詳述するような道路の交通運用機能の向上を目指した附属機能的な道路標識構造のように、施設自身も低廉で、かつその本体機能と副次機能の各々の要因についても利用者の利用目的意識によって優先度の順位も入れ替りやすい施設については、建設時点で要求された需要を満足させることが第一義的で、将来的な対応としては施設全体の更新交換が望ましい。

公共構造物の社会資本としての公共経済学あるいは行政団体の財政学としての見方は、私的施設のように企業者の目的意識としての利潤追求の条件が少くて、施設の規模、設置位置、地域への多種多様の貢献度によって異なる。そして、図 2・1 の公共施設と私的施設のライフサイクルにおける要因分析で示したように、施設にたいする取組手順の順序、公権力としての強制力、予算資金の拠出法等と、施設の整備にたいする計画策定、整備水準についての最適化要因が非常に異なっていることを深く認識する必要がある。

表 2・29 公共施設の社会的備品度を検討するときの要因

	要因としての特徴	将来対応への 自 由 度	事 業	望ましい 曲線の形式
施設を設置する土 地空間	用地の拡巾等が沿 道利用状態から制 限をうけやすい	占用空間の確保  将来の施設増強余 裕への自由さ		Ⅲ
巨大規模施設	併用期間の長さ		巨大橋梁	Ⅱ
	他の施設計画が追 随しやすい		ダム	Ⅲ
	経年による供用性 の変化	機能向上・強度ア ップ	鉄軌道の基本施 設	Ⅳ
中小規模施設	耐用年数を考えた 整備水準	施設更新・置換の 容易さ	小規模橋架	
補完機能をもつ附 属施設	機能中心主義の開 発	更新・置換の容易 さ	道路標識等	V

図 2・22 公共施設の種類と整備にたいする計画策定論の要因分析







## 2-7 まとめ

公共施設の計画策定論をすすめるにあたって、まづ公共施設とは人の集団社会生活のなかでどのような種類があって、その施設は何の目的のために、公共性といわれている要因要素を分析した。要因分析の流れ図を図 2・23 の通り総括する。すなわち社会生活における需要の量と質を分析・整理して、人為施設と天然造形の相異、公共と私共、公共性と企業性に分類し、公共施設整備のための公共施設の位置付及び取り組むための要因分析と優先度評価法について述べた。

次に都市の集団生活において土地利用と、その活生化のために人の自由な移動が公共性の高いことを、人の移動量・手段別の統計調査をもとに述べるとともに、移動の迅速・快適性のための路線施設としての道路・鉄軌道について、大阪府下における発展と、施設の固生・更新・置替の変遷にふれるとともに、これらの人為的な巨大社会資本とそこにふくまれる土木構造物としての巨大橋梁を例示に用いた。これらの土木構造物の華やかな歴史を飾る高効率の巨大規模への経過として、機械文明を支えてきた構造力学・材料学・人材養成の 3 本柱について、技術開発の引き金になった需要とその供給の成成例・失敗例にふれながら、土木構造物を計画するときの基本的な注意事項を抽出した。

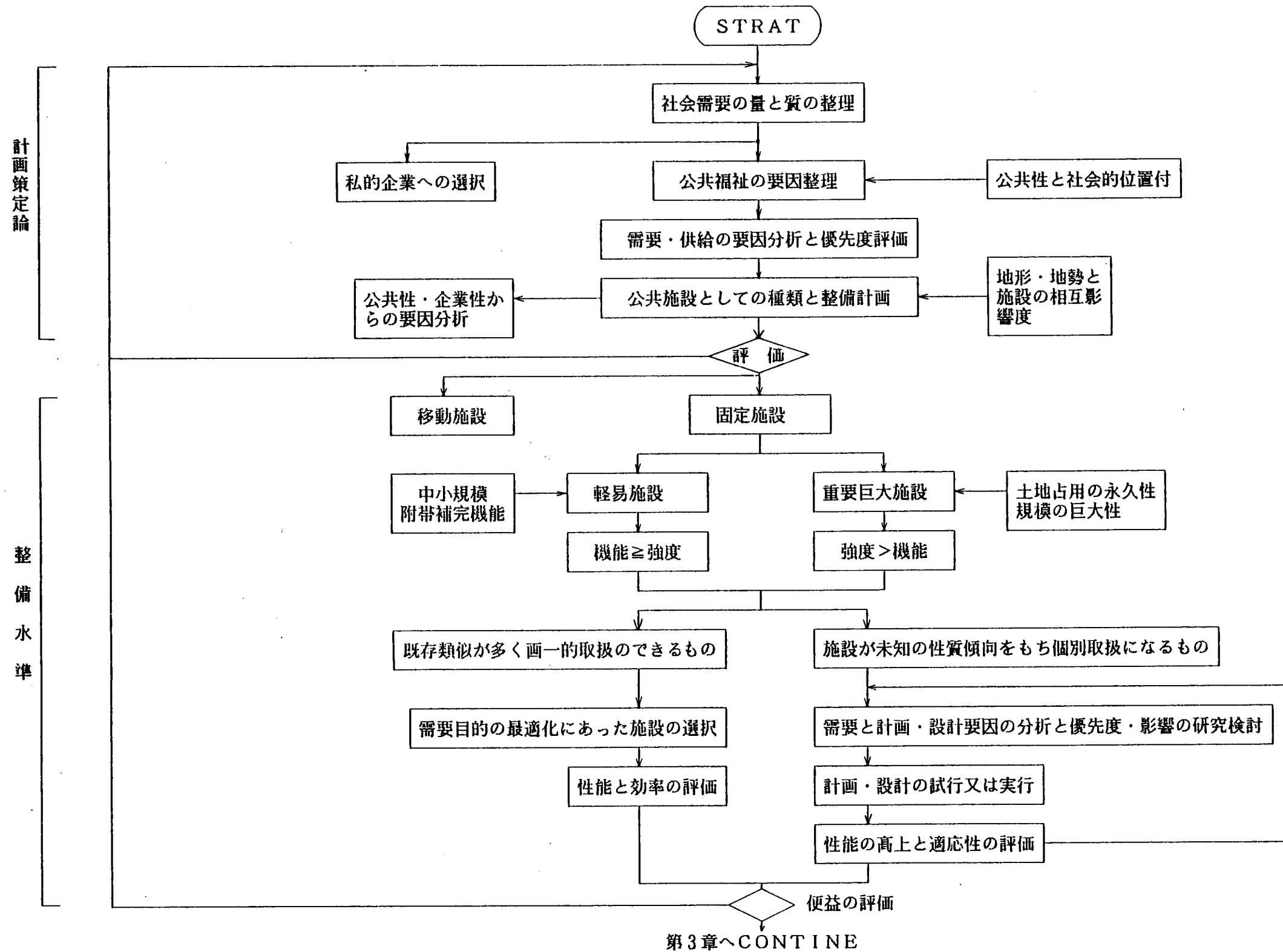
さらに、公共施設としての土木構造物は人の一生にくらべてその供用期間が長く、先祖の遺産を引き継ぎ、現代の便益を享受しながら、その量と質を増進させ、子孫に引き渡していく社会資本であるので、その投資と便益が結局のところ供用中の時代時代による評価判定基準に従うので、投資に対する公共経済学的見方として、事業種別の公共性と企業性によって差異があるものの公共性の強い道路は投資便益をあまり重視しない財政学的見地、企業性の強い鉄軌道は受益者負担の原則を守った経済学的見地であるが、受益負担額のみで事業がまかなえないときは、それを公共料金として抑圧しながら企業経営の健全化のために財政援助を行うことを述べた。また公共施設自身は個別特性と汎用特性のあることにもふれた。

それらを要約すると以下の通りとなる。

1. 公共施設を定義づける要因として、天然造形物と人為工作物、公共と私用、公共性と企業性から区分される。
2. 公共施設整備目的は国土の健全な発展と、国民全体にたいする資源の最適な再配分を目的とするものである。
3. 従って公共施設と私設施設の整備の目的は異なるとともに、手続においても最適化のための要因は異なる。
4. 公共性の位置付を得た施設の整備には、たとえ受益者負担の原則に従う企業性事業にも公的資金が導入される。

5. 公共施設はその整備目的に沿った公衆の利用を拒否できない。
6. 公共施設は、整備水準として土地空間のように区域を定める汎用的なもの、整備機能の需要目的への最適化を追求する個別的なものがある。
7. 道路・鉄軌道の整備は技術開発によって供給される質は進歩するが、計画策定論は天然造形物の地形・地勢に影響されることが多い。
8. 大阪府下における道路・鉄軌道整備の計画論は放射・環状網の組み合わせで、社会発展によってその網の質は整備高上し、量は質を改良しながら増大する。その結果計画策定のための社会意識は循環する。
9. 公共施設に多くふくまれる土木構造物の開発史をみると、需要と供給は技術開発の介在によって循環してきた。
10. 技術開発史における事故例はその原因を追求し、新しい技術開発への要求をもたらし強い刺激であり、この現象は循環する。
11. 公共施設の投資と便益の評価・判定は、直接的な本来機能にたいするものに、他の副次効果・波及効果を加える。
12. これらの種々の効果と便益を総括すると、機能的・経済的・文化的等々の要因が錯綜し、さらに時間的要素も大きく、結局は都市計画法における評価・判定のように各界の専門家による多数決議論になる。従って結局のところ投資額のみを評価する財政学として整理される。
13. 地域に固定として建設される公共施設はそのライフサイクルにおける供用期間が超長期である。
14. その便益評価は施設のもつ規模の巨大性、機能の第一義目的と補完性、社会開発との優先度の相対比較、社会備品度等々の要因によって決まる。また、それらに適合するように異った整備水準を考える必要がある。
15. 以上のまとめのうち1～6は公共施設の定義を述べたが、計画策定論の7～14は取り組みの基本システムの要因分析とその優劣比較を繰返し循環させることによって、最適化としてUp to dateなRevised/Renewal Systemを作成し、これをRecycle することができる。

図2・23 第2章の要因流れ図



## 第2章 参考文献

- 1) 都市計画協会；都市計画ハンドブック 1980
- 2) 大阪陸運局編；いま私たちは考える ―交通―、昭和54年
- 3) 京阪神都市圏交通計画協議会（会長 近畿地方建設局長）、  
京阪神都市圏の人の動き 第2回パーソントリップ調査
- 4) 明治生命保険による近畿4府県・2都市のイメージ調査 昭和54年
- 5) 大阪府土木部道路課編；大阪府の道路 昭和54年
- 6) 大阪府土木部道路課編；大阪府の道路 昭和56年
- 7) 日本道路協会編；道路構造令とその解説 昭和42年
- 8) 運輸経済研究センター編；数字でみる民鉄 1981
- 9) 野沢太三；鉄道発展の歴史的考察と社会的寿命、  
土木計画学シンポジウム、土木施設のライフサイクル 1978 Jun.
- 10) 岡 尚平；都市総合交通体系私論、主として鉄軌道網の整備について、新都市 昭和55年7月号
- 11) ハンムラビ法典；例えば  
JACOB FELD；Construction Failure P.4  
— John Wiley and Son 1968  
岡 尚平；都市整備と都市沿岸橋梁  
土木学会関西支部講習会テキスト 昭和55年
- 12) 川田忠樹；吊橋の文化史 技報堂 昭和56年
- 13) 藤本盛久；構造工学の基礎 共立出版 昭和55年
- 14) 山根 孟；アメリカ合衆国の道路投資と道路事情  
土木学会誌 1983年1月号
- 15) 川口昌宏訳；S.P.Timoshenko 材料力学史  
鹿島研究所出版会 昭和49年
- 16) 参考文献13, 15及び世界史年表（吉川弘文館 1978）より加工
- 17) 建設省都市局編；都市計画法解説とその運用

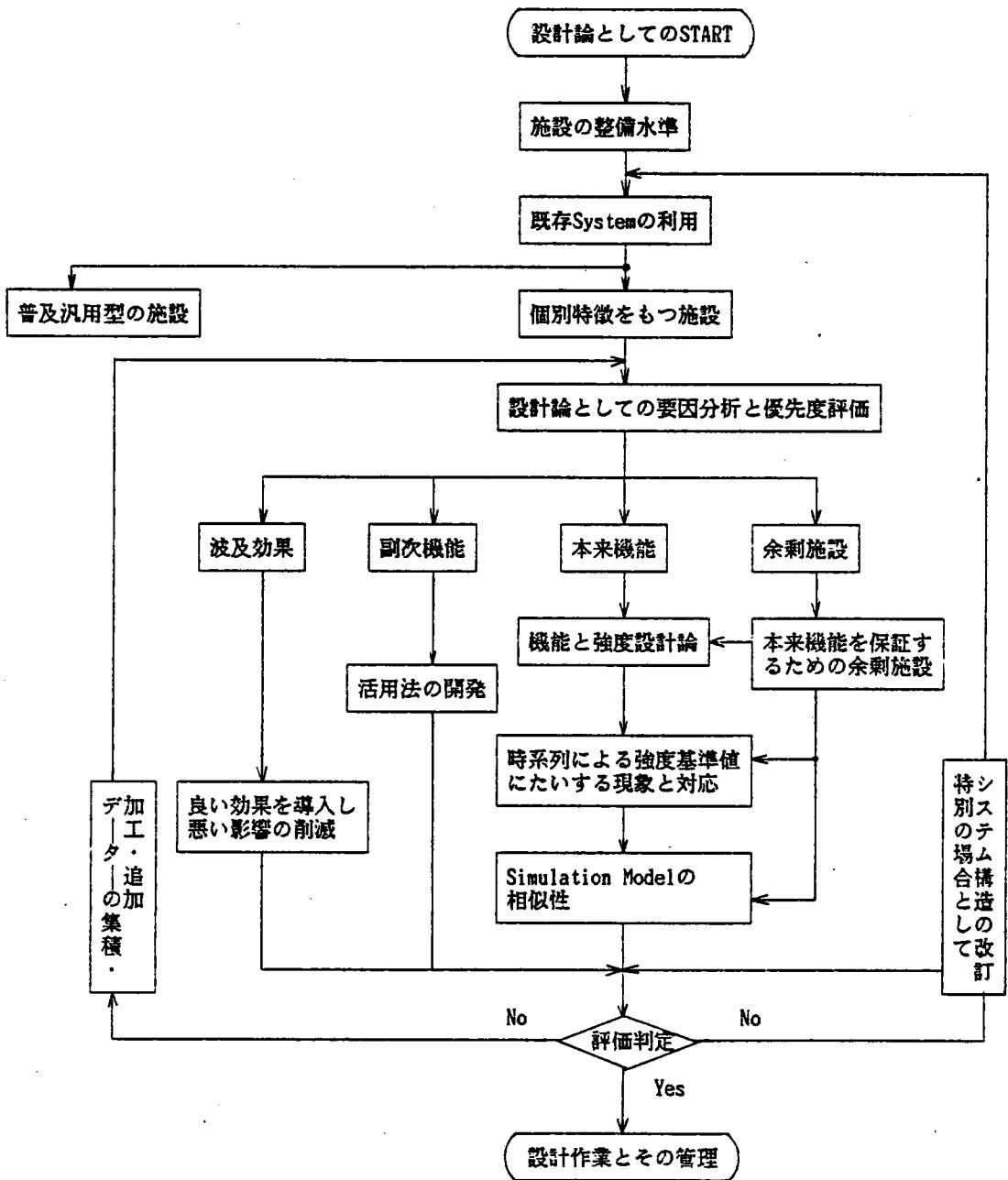
### 3. 公共施設の設計論

#### 3-1 計画・設計に際しての要因分析とその対応策

公共施設にふくまれる土木構造物は、その本来機能を第一義的に発揮するように建設地点の周辺条件との調整整合を考えながら計画・設計される。施設規模が巨大で、供用期間が長い 社会的重要度の高い 備品施設と位置付けされるほど 将来に亘っての周辺社会への影響度も強く、また 別の目的の需要を付加するために改修しようとしても 大型規模の固定施設として建設後に改修改善が困難である場合が普通であるので、計画・設計時にあたって これらの事柄を十分配慮しておかねばならない。また 構造物の主要部分の一部 あるいは構造系としての置換もむづかしく 施設全体の交替置換も 改修直接費ばかりでなく、供用に伴って発生している社会便益を考えた場合 評価判定基準を変更しても 容易に更新することはできない。このような基本的条件を将来の社会変化に伴う需要変化対応もふくめて 計画作業の要因分析を検討しなければならない。

その目的遂行の作業手順としては図 3・1 の通り、土木構造物の設計論をまとめるにあたっての要因分析システム構造は、まづ相似・類似の公共施設から その社会施設としての目的性能を発揮している具体例を調査することによって、まず既存のシステムを整理してみることにする。公共施設の構造系は普通の場合 従前の既存型に改良を加えるもので、化学反応の外見現象のような突然変異がほとんどないので、物理学的類推を加えることによって既存システムを整理して、計画を進めるにあたってシステム図をまづ作成してみる。次に施設に与えるべき第一義的な本来機能と、それを保証するために必須条件として具備しなければならない余剰施設 及びそれらの具体的施設によって発生する副次機能と波及効果に分類する。ここでは道路・鉄軌道に関する公共施設としての土木構造物の本来機能は、普通 路線型施設として車両の所定の速度運用にたいする安全性の確保であるから、その運用機能と耐力強度を保証することにまとめられる。従って この2要素を最適化として満たす条件を中心に構造物を想定し 時系列的発生が予想される現象と それにたいする構造物の挙動・応答を相似・類似の施設あるいはSimulation Modelによって検証してみることになる。一方 余剰施設としては空間として確保を求められるもの、本来機能施設と似た強度条件を満たす施設が求められるものもあり、後者の場合この余剰施設が本来目的の構造物の力学系に重大な影響を与える場合も多い。例えば道路橋の中員構成を検討する場合、側方余裕としての床版は、緊急の場合の駐車帯を兼ねるので、強度設計上は車道本線部と同様の強度を持つ構造が必要である。また床組構造設計上、車道部と一体構造となる設計を行った場合は、力学的主構造系の一部とも組み込まれてしまうので、余剰施設が本来機能施設に交通運用上補完余剰であるとともに耐力強度論では本来機能として自動的に組み込まれる。

図 3・1 土木構造物にたいする設計論のRenewal System図



次に本来施設を整備することによって機能として副次的なものが発生することが多い。その顕著な例は貯水用ダムの堰体天場が道路として認定され、構造物全体の整備目的にたいし計画された構造物部分が、その部分自身でも公共施設としての社会的位置付を与えられている。これらは双方の機能が対等の立場になったので 兼用工作物としての法的取扱をうける。このような取扱い水準に至るまでの段階で、本来機能施設を整備することによって発生する副次効果は多い。

さらに公共施設整備は巨額の公的資金を投資して地域に固定施設を建設するのであるから、完成された土木構造物は当然地域にたいする景観・日照・通風などの天然条件と、電波障害等人为開発機能にたいする影響、及び建設投資による経済社会の活性化に影響がある。公共施設整備のさまざまな投資が交錯する都市部では社会資本整備の意味が高いが、過疎地域になると投資費のうち地域社会の民政安定のため拠出している意味もまた別の面から位置付される。

いづれにしても、計画を検討する施設のもつ個別特徴として本来機能・余剰施設・副次発生機能・波及効果の4つの柱にわけてその各々における要因を分析し、これらの要因の優劣比較・評価判定を経たもので一つの土木構造物を仮想してみ、これをさらに4つの柱の優劣比較・評価によって検討した結果として整備水準・設計事業の方針がまとめられる。以上の要因分析検討の過程で得たデータは集積・加工されて元のシステムの要因比較に組み込まれるとともに、ある場合においては既存構造物を参考に整理して組みたてたシステム構造の改訂にも利用される。しかしながらその基本理念として図 3・1 に掲げた従来の構造施設をもとに要因分析によるシステム構造を基にまとめ、公共施設整備の建設年代の近代化に即応した要因の優劣度によってその基本システム概念に従いながらも新しい最適化のための結果を得る Revised/Renewal Systemとして活用されていくことになる。

以上述べてきた一般論としての土木構造物の整備・計画水準をまとめるにあたっての要因分析とその作業順序のシステムを著者が指導した大阪環状モノレール軌道としての運輸にかかるトータルシステムのなかでもっとも大きな要因であった車両型式として跨座型と懸垂型との比較検討の例を用いて説明を加える。

広域大阪圏の人の交通輸送手段としての高速鉄軌道網の整備は、大阪市を母都市に 大正・昭和初期には国土の幹線網を兼ねて周辺衛星都市にたいして放射方向に路線整備がされていた。昭和20年代後半からはじまる都市人口の爆発的増加は 安価な土地と 交通の便利さを求めて 住工商混在で農地へスプロール現象を呈し、既存の放射方向路線に沿って図 3・2 のように拡がった結果、鉄軌道のサービスを受けない人口密集地の広がりや、人口急激した周辺衛星都市の相互が環状方向に連絡線が

ないままにおかれた。その結果 環状方向への交通需要にたいしても、放射線によって一度都心部に入り、大阪市で半径 3～5 kmの輪を受つ国鉄環状線利用によるU型 あるいは都心部で折り返すV型 経路をとるので、混在する都心部の複線に一層の拍車をかけていた。この都心部混在緩和策を、幹線道路における都市計画と同様に放射線・環状線の組み合わせの鉄軌道動線に整理しようという構想は早くから持たれていた。具体的には表 2・20に掲げた都市交通としての鉄軌道路線による網の整備である。鉄軌道の需要輸送量は放射線では都心部から遠ざかるに従って減少するので、列車の運転本数の低減（周辺衛星都市を代表する主要駅迄の折返し運転の挿入）、あるいは列車の連結解放による少数連結両化によって輸送力を調整されている。これにたいし環状方向は輸送サービスを保つために運転度数を小間隔とすると、1列車当りの連結両数を低減するか、あるいは軽量定員の車両型式を用いることになる。大阪環状モノレール構想はその敷設位置が都心から半径12～15kmで、放射路線鉄道とは必ず連結する目的のために整備する路線であって、都心から外周部になるに従って輸送需要量は減少し、また、交差放射線間隔の約4～6kmと、その間の徒歩圏（約750m）の利用者への駅サービスを提供するため約1.2～1.5kmに停留場を設けるのが行政目的であるので、放射線鉄道と同様の高速運転で高加減速性能を有する車両、しかも既存の公共空間の立体利用と近代鉄道としての環境保全を満足するものでなければならない。このような要因によってモノレール車両型式による専用軌道が選ばれた。

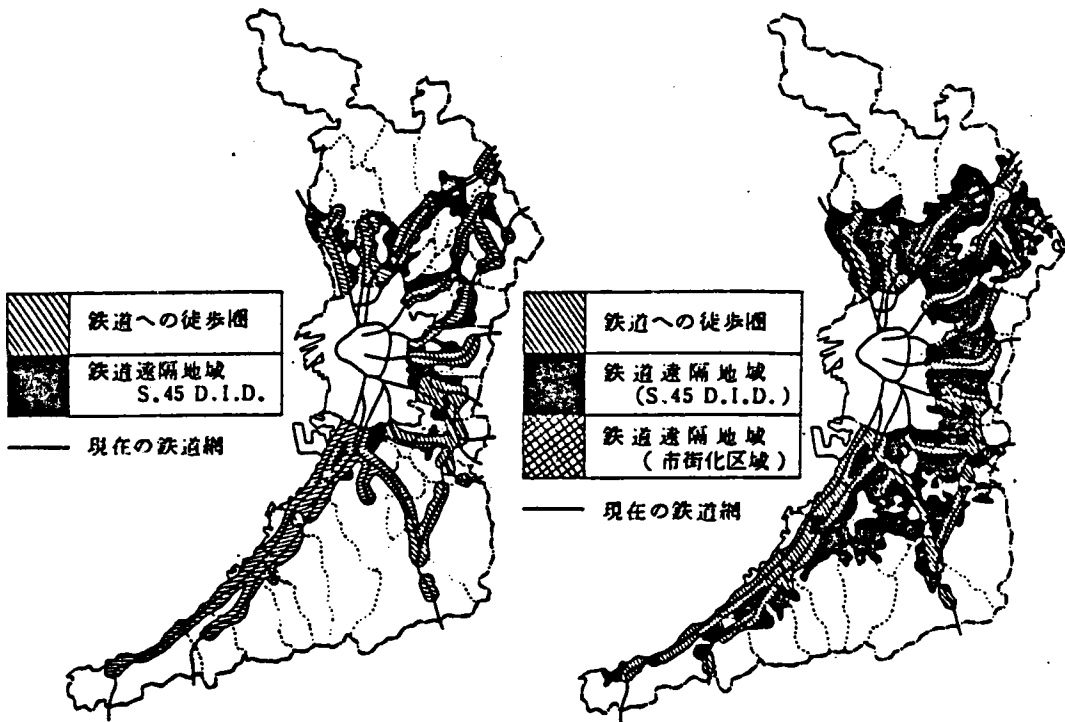
鉄軌道網を構成する一環の路線であるとともに、路線が大阪外周環状線であって、国及び地方自治体の補助政策になじむこと 軌道建設空間からゴムタイヤを持つモノレール車両をバス事業としての補助政策に従った取扱で採用することに決められたが、その基幹施設の大部分は従来の鉄道事業としての鉄軌道施設で、環境問題等を第一義に、鉄道における鉄輪・鉄軌条がゴム輪・走行路面帯に改良されたのに過ぎない。この車両型式はアルベグ・日立製作所が開発定着させたPC函軌道桁を跨いだ跨座型形式と、下開きの鋼箱桁の内面下フランジを軌道路面として桁から垂れた車両のサーヘージ・三菱重工が開発定着した懸垂型の2型式があって、そのどちらかの車両型式を先づ決定しないと、その後の計画をまとめることができない。



図 3・2 鉄道遠隔地

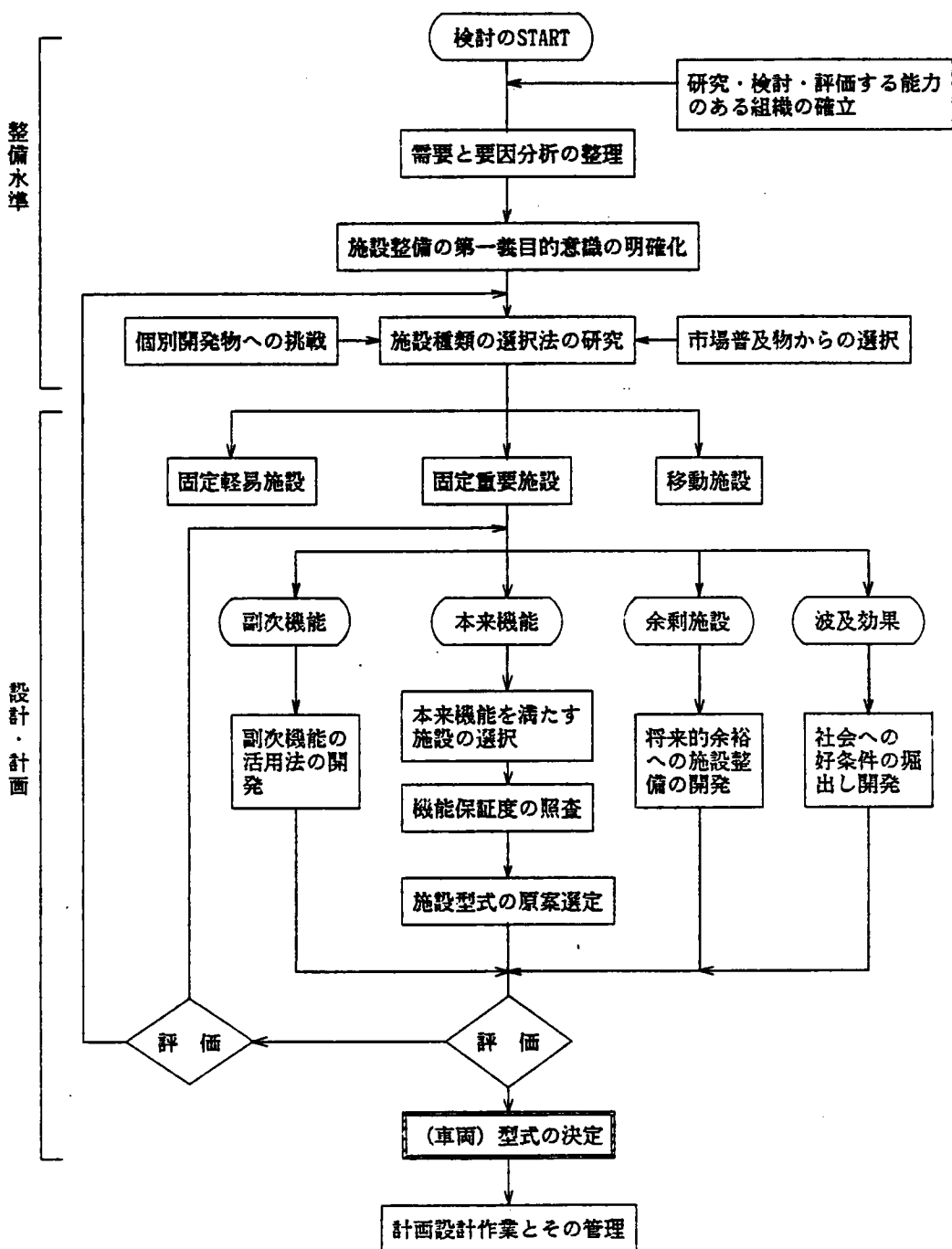
昭和45年

将 来



モノレール車両による運輸事業は、固定施設としての軌道構造・車庫施設・電力・通信・信号施設や、移動施設としての車両構造は 鉄道事業と酷似であって、鉄道施設における車両走行装置としての鉄輪と鉄軌条を、ゴム輪と舗装軌条帯に置換すると施設内容と運用取扱法は鉄道業と相似であるので、鉄軌道事業を参考原型にシステム分析を行なう。従って 第一段階の予測値として施設資産内容は表 2・21の国鉄資産比のうち土木施設の 45.7 %が類似値となる。しかも大阪モノレールの場合、既存供用中の交通量がほぼ10万台／日に達する府道の車線の分離帯など道路施設の余剰空間を 新らしい別途機能を持った施設設置空間として活用すること、それらの空間は 道路整備のときに 将来対応の策がとられていなかったことなどの理由で 構造物の構造系選択には大きな条件である。またモノレール車両の軌道構造はそれ自身細長部材の組み立て連続構造で標準的構造として跨座型では20

図 3・3 経年による改良・変更の困難な固定・重要施設を中心とした施設型式の検討基幹システム



～25m支間のPC桁を、懸垂型では35～40m支間の下開鋼桁をとっている。従って前述の全体の施設中の土木関係の固定施設費は更に高率であることは容易に推察される。

そのような観点から 図 3・3 では全体施設のうち 将来的にも運輸営業を行いながらの改修方法が難かしく、かく超高額の投資を必要とすると推定された固定重要施設としての軌道部・駅部を中心に、前述の通り本来機能・余剰施設・副次機能・波及効果に分けて検討を行った。これらの一連の研究・検討は相似・類似施設の運用と将来見通を推察・理解できる専門家・学識経験者の参画を得て、第数次案と回を重ねながら その検討過程で手入したデーターを整理加工して、システム図における要因分析の優劣比較検討と評価判定に追加し、またシステム構造の Revised/Renewal に用いた。

大阪モノレール軌道を表裏一体となる建設事業と 開業後の運輸事業としての いろいろの課題の断面を眺めたとき、図 3・4 の通り空間に浮かぶ多面体にたとえてることができる。すなわち 敷設のための目的意識は、広域行政機関として大阪府が広域にスプロールした都市施設の活生機能化で、これを目指した鉄道運輸手段による交通網整備の一環である。そのためすでに公共料金となった運賃を原資にする独立採算では成り立たない運輸事業を半官半民の第三セクターで経営し、また施設整備についても公共資金を投入し 十分に資金の活生化をはかって府民の交通需要に答えることである。そのためには 路線の敷設位置、他の公共交通機関との関連としての駅位置の選定、及び運輸サービス水準としての列車運転速度・運転度数の選定が必要としての大きな一面である。

このような運輸の施設整備は 右側面に示した土木・車両・電気・運輸の それぞれ独立した高性能で 互換性の少ない専門化した技術の総合寄合的組み合わせたものに定着している。これらの整備と運用の基本としては、企業としての施設保守費と運輸収入等からくる経営計画と密接に関係している。また経営にかかる主要因は企業体としての業務系統のあり方 組織体系のあり方と それに要する資質をふくめた従業員数に大きくかかわっている。このような開業後の経営管理のあり方をふまえての施設整備の基本方針としては 左側面のように全体事業を公共団体が道路法に基づく資産とする軌道部（道路における舗装工に相当）、軌道部を支える脚柱工（路盤・路床に相当）、駅舎部（道路平面構造としての切込バスベイが最近道路施設と判定された）等の投資額にたいして直接的な利息計算を行わない財政学的公共資金と、車両等の移動施設を中心とした市中の利息歩合による経営学的借入金からなっている。従って 資金の借入と執行計画は利息と施設の原価償却の考えをもとに公共団体施設と立場を異にする固定資産税対象の会社経営から成り立っている。またこれらの建設資金の調達法と時期、開業後の旅客乗客の誘致は経営の安定性のための主な要因でもある。

施設整備水準は、開業後の運輸事業としての経営の安定性が第一義目的であるので、運輸開始後に

建設した施設を用いてどのような要因分析を経て運輸営業を続けていくかを検討したのが図 3・5 である。勿論 広域行政機関の責任者としての大阪府知事と 運輸営業責任者としての主務大臣の鉄道網の整備目的との双方の立場があって、その目的水準を満たすための最適化の 2 本柱は、軌道線型計画と 性能が安定した市場車両型式としての跨座型・懸垂型型式の選定である。そのために図 3・5 の枠外にまとめた多様な技術水準と資金による経済比較、地域個有の条件等々をふまえて検討することがいる。

このように 複雑多岐に互たるシステム解析と その要因分析と優劣比較 及び評価判定を、少数の委員で選定作業を行うことは 各要因の優劣評価のすべての部分を定量的な因子分析によることがむづかしく、また将来の社会構造変化による需要と応答についても 建設年代と同様の評価ウエイトを持った定量的取扱い法が開発されてはじめて可能となる。この 2 つの主条件を短期間に解決することは至難の業であったので、今回の場合はそれらの要因を評価判定する専門家の母集団人数の拡大によって対応することを行った。

図3-4 モノレール軌道として課題の多面性

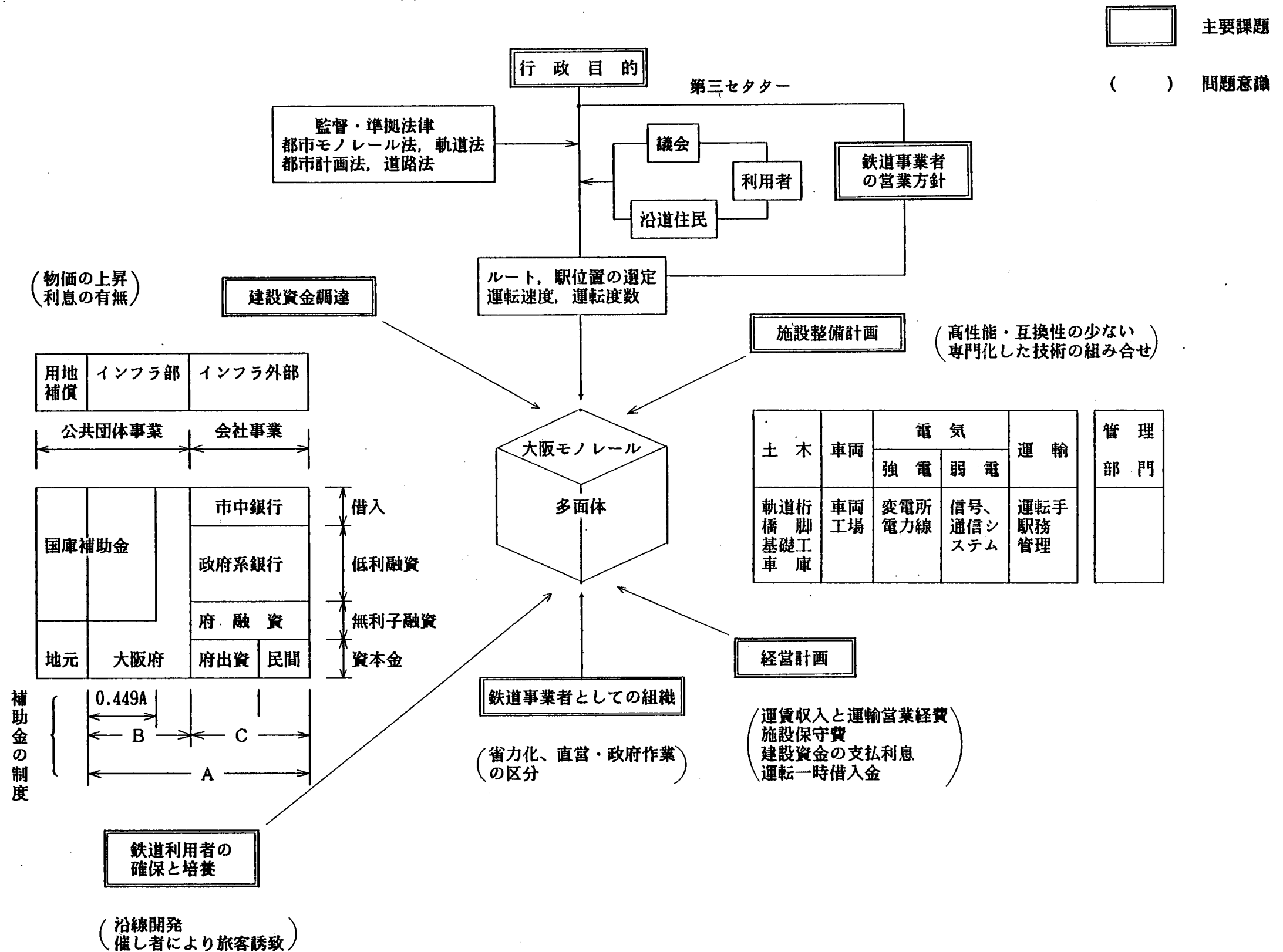
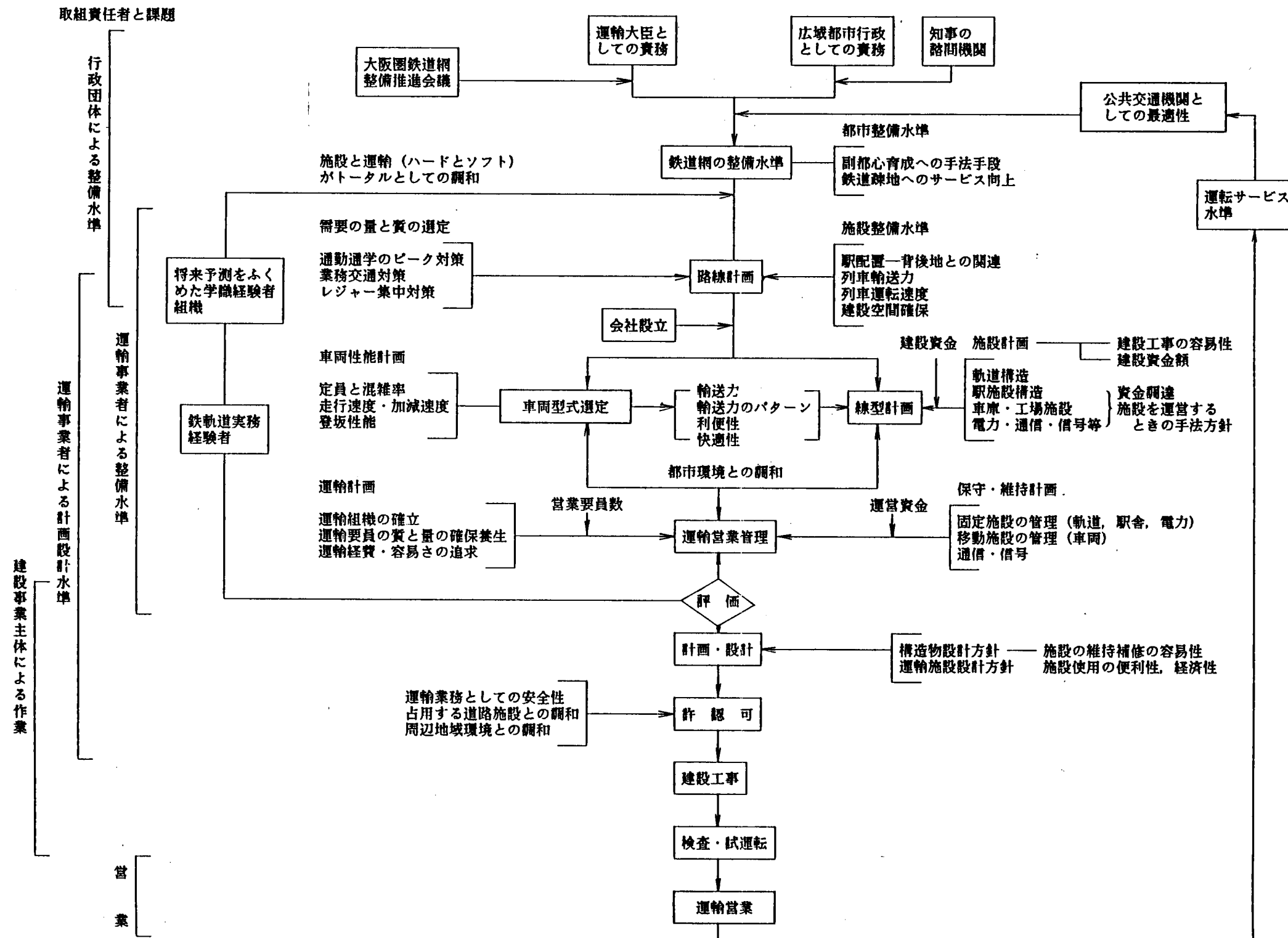


図3.5 開業後の運輸営業要因からみたモノレールの軌道線型計画と車両型式選定の要因図



著者はこの問題の結論を導くために巾広いニーズを以下のように整理した。まず第一に運輸営業は車両とその保守（車両部）、列車走行のための軌道施設（土木部）、動力及び運行・信号管理としての電気（電気部）、及び客扱いとしての駅施設と運転手・車掌職務員（運輸部）の大きく4つの要素から成る有機総合体である。既存の鉄道事業者の組織で明らかなように、土木・電気・車両の高度に專業化・専門化した互換性の少ない技術と、これを操縦する運輸の4部門から成り立っている。従って、跨座型・懸垂型の車両形式の選定にあたっては営業中の鉄道会社の組織に似た専門家からなる委員構成をとることが類似で实际的である。図3・6はその考え方に従って取り組んだ組織表である。すなわち、大阪高速鉄道㈱の事務局を補佐するため、出資者でかつ鉄道事業者である関西大手私鉄から、各部門の今日的問題に対応している専門家約30名からなる実務経験を主とする技術委員会（B）を設けた。この会は委員の体験に基づいて鉄道事業との比較において問題を検討することを主眼にしている。次に世界の鉄道の実態と将来への発展性について広い見識に立って判断するために深い造詣の学識経験者8名からなる委員会（A）を別に設けた。鉄道の技術開発は従来から製造メーカーの提案によることが多く、これをuserとしての立場から提案をもとに評価・改良・採用されていた実態を参考に、今回についても同様な方法として跨座型・懸垂型を推奨するmaker group からそれぞれ別々に提案を求めた。その経過は表3-1のとおりである。

図3・6 大阪モノレール車両型式の選定組織図

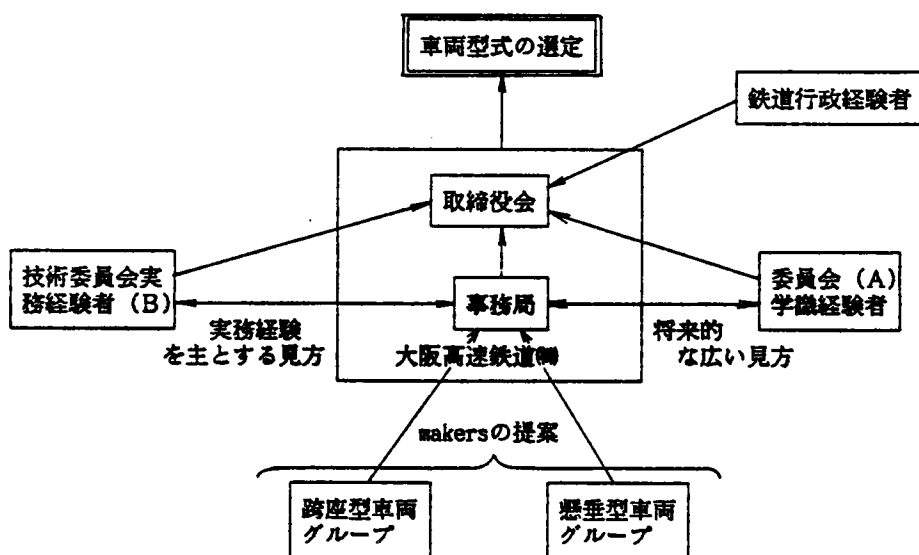


表3-1 モノレール車両型式選定の審議取組

	参加者	検 討 の 内 容
1	B委員会	過去、現在の鉄道業としての課題の整理 } 目的意識の整理
2	A委員会	
3	Bとmakers	跨座型・懸垂型の両makersの提案 } 事実関係の調査
4	B	
5	A	
6	makers	第4.5 回の問題意識の伝達 } 繰返しによる調査内容の評価嵩上
7	B及びA	
8	B	
9	A	
10	makers	第4～9 回の問題点の伝達 } "
11	"	
12	B	集約した比較表での評価 } 評価判定
13	A	
14	事務局	



表 3-2 車両型式選定についての主要項目

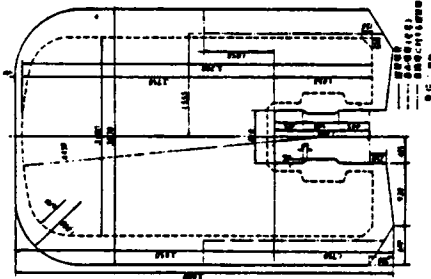
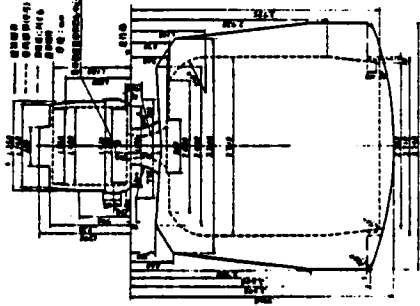
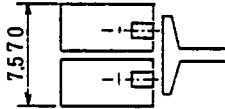
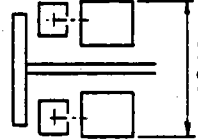
1 線型計画	8 走行性及び客扱い
2 軌道構造物	9 気象条件への対応
3 停留所	10 環境問題
4 車庫	11 実績
5 車両	12 建設費
6 電力線路	13 保守費
7 信号通信	14 将来への適応性

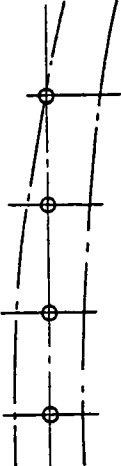
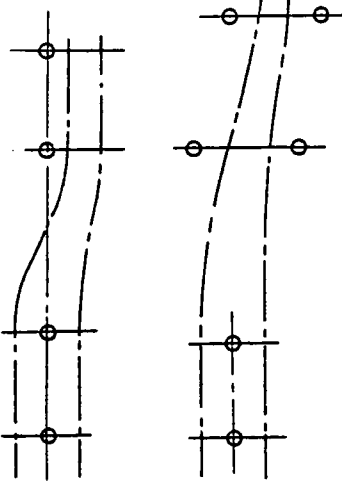
以上の調査、検討作業を経て結論を得た。その主要項目の詳細の一部を表 3-3 にまとめているが、見出しの総覧は表 3-2 の通りである。各項目について、跨座型と懸垂型の車両について、大阪モノレール軌道が目的とする整備水準にどちらの型式が多く、かつ良い適応性を持っているかが主眼で、その項目相互の重要性についても、評価委員に個人差もあるところである。しかし、評価者の母集団人数が多いことで評価判定者の個人的な趣味・個性は消せたと思う。

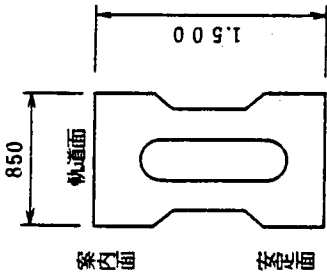
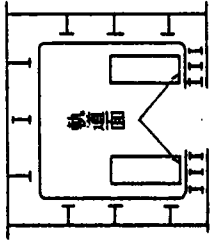
すなわち、大阪モノレールの場合、軌道建設を単に公共交通機関としての鉄道施設を建設し、採算性・経営性を前面に押し出した運輸営業という狭義な見方をはなれ、広域行政機関の交通責任者としての大阪府の基幹鉄軌道網整備の一環として、既存の鉄道網と有機的な連絡・連携を保ち、さらに都市行政発展の礎となるように敷設路線、駅位置を検討し、広域的な見方からの列車の運転速度、急行運転、各駅停車の運転形態とこれらの機能を満足できるような軌道施設建設のための既存公共空間の保有量との整合をとった。また、永久社会的備品としての軌道施設の建設の難易度と、将来の技術開発によって置換・更新される車両について両型式の優劣を比較した。これらの課題をもっともよく体験している鉄道実務経験者の照査と車両メーカー、学識経験者の三者三様の物の見方をとりやすい委員会組織は、十分に複雑な課題に対応できたと考えている。

本節を終えるにあたって、公共施設の広い意味での設計論とは、潜在需要の量と質を整理しながら、利用機能と耐力強度を供給する最適化の施設と その運用方法の双方からの施設計画・設計についての最適化手法を見出すことである。施設自身その内容によって社会的責任度・重要度・備品度等についての位置付も異なるし、また建設時代とその後の長い供用期間中におこる社会の近代化によって、需要の質と量も変化する。このような未来予測もふくめた要因分析のシステム構造は要因自身の員数、要因相互における優劣比較も追加されていくので、外見的には全体としての最適化の結論を単純な方法で判定することは困難である。しかしながら 整備の目的意識を4本柱としての本来目的・余剰施設・副次機能・波及効果に分類し、第一義目的の本来機能を鈍慾に追求しながら、他の要因との組み合わせ補完によって最適化を見出していくシステム構造は、研究・検討データの追加によるRevised and Renewal方法が加えられても、本質論として変わらないものとする。そして、この複雑多岐要因の分析・解析と評価判定には類似・相似施設のシステムを参考にとすることと、整備目的意識の中の広さに対応した評価判定専門家の組織と、その動員人数による母集団のとり方が、公共の福祉と呼ばれる やや抽象的な事柄にたいする設計論としての取り組みの最適化を提供する方法と考える。

表 3-3 大阪モノレール車両形式選定にあたって比較した項目

項 目	跨 座 型	懸 垂 型
<p>1. 線型計画</p> <p>1 建築限界、車両限界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 駅存の道路空間のなかにモノレール軌道の設置空間を採すことの容易さ。</li> <li>・ 車両の横振れ等から決まる建築限界</li> </ul>	 <p>図 6-1 跨座型大型建築限界図</p>	 <p>図 6-4 懸垂型大型建築限界図</p>
<p>2 道路空上の占用巾</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 軌道構造もふくめて複雑構造を敷設することの適応性</li> </ul>	 <p>7,570</p> <p>一本の柱の上にある横枕梁のうゑに軌道桁を固定する。車両は軌道桁かかえた形のため横巾振小は少なく、総巾は7,570 mm</p>	 <p>8,840</p> <p>一本の柱の上にある横枕梁に軌道を支える。車両は柱の両側にあり、また走行中車両の横振れのため総巾は8,840mm、すなわち1,270 mm大</p>

項 目	跨 座 型	懸 垂 型
<p>3 平面線型、縦断勾配</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造基準では最小半径100 m、最急勾配6%</li> </ul>	<p>軌道桁及びこれを支える構造は下の既存道路構造物の位置に関係なく設置することができる。</p> 	<p>軌道に曲線を入れるとき、軌道桁懸架構造の柱が障害になることがある。そのために門型構造するが、線形設計で柱を避けた小さい曲線を挿入する前者の場合建設費が増大し、後者の場合列車の運転速度に制限が入る。</p> 

項 目	跨 座 型	懸 垂 型
<p>2. 土木構造物</p> <p>1. 軌道桁 (標準部)</p> <p>・ 主要材料、断面形状</p>	 <p>閉じた厚肉断面形状を持つブレストレスドコンクリート単軌桁 曲げ、振り剛性を有する。軌道面、案内面、安定面の仕上げ精度を保證するために大型の鋼製ソールド装置を用いて、コンクリートの打設、養生を行う。</p> <p>標準支間 20～25 m</p>	 <p>箱内面を軌道面とする下側が開いた箱内閉断面鋼箱桁。</p> <p>曲げ剛性のために下フランジ量が不足、また軸荷重によって箱は開く傾向があるので、大型スティフナーで全周を補剛。車両の横揺れによる軌道桁の振り抵抗は閉断面のため不利。</p> <p>標準支間は30～35 mの3～5径間連続桁</p>

項	目	跨	座	型	魁	垂	型
2. 軌道桁 (特殊部)	軌道部の形状寸法は定まっている。	標準部の軌道面を守り、材質をコンクリートから鋼材に変え、桁高を高くして曲げ剛性を高める。	さらに複線軌道の両桁を横桁で結剛し横方向曲げ、橋座幅に抵抗を増す。最大支間は連続はり形式をとると6.5 m程度	標準部断面箱桁の上フランジに補剛桁をとりつけて、曲げ剛性を高める。上下フランジの断面積の閑隙から最大支間は5.0 m程度			
	敷設位置の横断地形として道路、河川など広支間をとぶ必要が生じたとき						
3. 分岐器	種類の多様性、機構造の単純さ維持、保守の容易さ	さらに広い支間を要する場合は自由に選べる断面 (プレートガーター、箱桁等) のうえに標準軌道桁をのせる。	Y 型	片渡り型			片渡り型
	転換時分						

項 目	跨 座 型	型 垂 型
<p>軌道部 <math>L = 20\text{ m}</math> を 4 ブロックに分割し関節型の移動と、列車の乗心地を良くするため案内面に可撓板を持つ関節可撓型数種の形式が可能で電気、空気を動力とし、転換時分 8 秒</p> <p>標準形としては軌道桁を横ばりに乗せた T 型構造で鉄筋コンクリートの橋脚。</p> <p>設置位置と軌条線型中心のずれにより逆 L 型、門型をとり、剛性不足のときは鉄骨コンクリート、鋼製柱を使用</p> <p>一般的には場所打杭を持った鉄骨コンクリートフーチング、現場施工性から井筒基礎</p>	<p><math>L = 10\text{ m}</math> の可動レールを端部に設けたピンを中心に挺子による作動装置で回転さす片渡り形式のみ、定着時に案内箱断面桁をたたくために騒音を発する。転換時分 8 秒</p> <p>標準形としては往の両側に軌道桁を横ばりから懸した T 型構造軌道桁が鋼製のため懸架構造及び装置から橋脚全体も鋼製橋脚設置位置と軌道中心線型によって逆 L 型、門型をとる。</p> <p>道路上空の建築限界高さによる車両走行高さから橋脚の横ばりは跨座型に比較し約 7 m 高い。</p> <p>一般的には跨座型と同形式、ただし軌道高さが高いところによる水平力、転移モーメントのため跨座型のものより大規模の基礎工を要する。</p>	
<p>4. 橋脚</p> <p>標準的構造、主要材料</p> <p>軌道桁の設置高さ</p>		
<p>5. 基礎工</p> <p>・橋脚構造からくる基礎工の選定</p> <p>・橋脚高さによる応力の比較</p>		

項	目	時	座	型	懸	垂	型
6. 地盤への応答	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷設場所によって地盤層は与条件となる。とくに軟弱地盤での安全性の確保</li> </ul>	地震時の基礎工天端での外力 死荷重 + 活荷重 + 地震力 (0.22) $L = 20m$ 、 $h = 11m$ の橋脚での試算 $N = 250t$ 、 $H = 55t$ 、 $M = 720 t \cdot m$			———— " ———— $L = 32m$ 、 $h = 18m$ での試算 $N = 250t$ 、 $H = 55t$ 、 $M = 1.030 t \cdot m$		
7. 保安管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検査用作業車からの保守点検</li> <li>・営業車の運転台からの監視</li> </ul>	台風時 死荷重 + 活荷重 + 衝撃荷重 + 横荷重 + 風荷重 $N = 268t$ 、 $H = 17t$ 、 $M = 376 t \cdot m$			———— " ———— $N = 317t$ 、 $H = 24t$ 、 $M = 725 t \cdot m$	軌道桁は鋼閉断面のため全体に渡って壁装の塗りかえの要、とくに電線部付近は難しい ・特別の点検車による点検となるので、営業運転の止まっているときに限られる。	



項	目	跨	座	型	型
9. 軌道修正		・基礎工の不等沈下などにたいし軌道桁支承部のライナー調整で対応			<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋脚の鋼軌道桁懸架部にジャッキは挿入できる構造を工夫してあるが、連続桁構造のため、支点反力を調整しながら修正するには作業性が悪い。</li> </ul>
10. 大規模修繕		<ul style="list-style-type: none"> <li>・軌道部は主として単純構造のため比較的容易</li> <li>・下部工はコンクリート系のため吹付けなどで対応</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・軌道部は主として不特定構造で溶肉断面を有する桁のため困難下部工は鉄鋼柱などロール材のため修繕用足場、溶接等の作業を保証する要あり</li> </ul>
3. 停留場施設					<ul style="list-style-type: none"> <li>ホームにおける客の乗降からくる列車とホームとの間隔以上に車両は横振れを生じる。</li> <li>従ってホーム進入時横振れ防止のための最除行によるホーム進入と振れ止め装置が必要</li> <li>・曲線中にホームを設けることは列車の運転速度による遠心力で、車両が傾くため困難、最小曲線半径は少なくとも 450m 以上</li> </ul>
1. ホーム及び構造物		車両は軌道桁を抱えて走行するので、台車バネによる振れ以外に横振れない。 曲線ホームも可			

項	目	跨	座	型	懸	垂	型
2. ホーム面における客扱い		ホーム面と軌道街下面との高低差が大きい (約3 m) などで、ホームに転落防止柵が必要			ホーム面から車両底面迄の差が約50cmのため転落の危険性なし		
4. 車庫					・ 相対式停留所の場合、相対側に容易に渡れるため管理の強化が必要		
1. 校車施設					・ 列車の振れ止めのため島式ホームはむづかしくこのため段階、エスカレーターなどの設備が両側に必要で、維持管理に経費がかかる。		
2. 泊車線					・ 車両の台車、懸垂装置、機器、及び車体と3～4層階に分かれているので立体検査場が必要、このため車庫での作業性は著しく低下する。		
					・ 地震時の車両相互の振れのため約5 mが必要		
					・ 軌道街を懸架する柱、はりが林立する。		
					・ 二差分岐のため敷線を増すのには長い線路長が		

項 目	跨 座 型	懸 垂 型
<p>3. 車両の保守点検</p> <p>毎日点検、一ヶ月点検 (重要部検査)</p> <p>二年検査 (分解検査)</p>	<p>な配線が可能</p> <p>地上施設は一般鉄道車両と同じ</p>	<p>が必要。</p> <p>・ 泊車線軌道が高い位置にあるため軟弱地盤層では基礎構造に建設費が高騰する。</p> <p>立体的な断面毎の作業が多く作業性は低下する</p>
5. 車両		
1 性能	高速運転の実績あり、(羽田モノレール)	・ 低速、2両連結運転の実績あり (湘南モノレール)
2 車体	一般車両と同じローレル市販材による組立	・ 懸垂装置位置など特殊型の車体剛性設計の要があり、底加工性の汎用性材による組み立て困難
3 不焼化	A-A基準を満足する。	—— “ ——
4 台車と駆動装置	2軸ボギー台車 直角カルダル方式駆動	2軸ボギー台車 差動歯車は各軸独立駆動
5 自重および乗車可能人員	自重 満員乗車 実績 24 t 188 人/両 羽田モノ 27 t 262 “ 北九州モノ	自重 満員乗車 実績 17 t 164 人/両 湘南モノ 21 t 217 “ 千葉モノ予定 22 262 “ 提案のみ

項	目	時	座	型	垂	型
6	連結部・貫通路	一般鉄道と同じ 本線上の連結解放も容易				<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両頭部に連結器があるので、本線上での連結解放は不便</li> <li>・本線上での故障があり枚数列車による索引も困難</li> </ul>
7	保守管理					
	タイヤ寿命	コンクリート走行面との磨耗で約15万km、すなわち約1年で交換				木片又は樹脂モルタル走行面との磨耗で約20万kmで交換
	タイヤ状態の目視	・車内の床をあげ容易に点検				車庫内の特定設備箇所で点検
	パンク時の対策	・復輪配列のため全輪のパンクは少ない。補助小型鉄輪による回送で倉庫入れ。				単輪配列であるが補助小型輪による低速回送で倉庫入れ
6.	電力線路					
1	電車線	桁の横に露出した剛体架線絶縁抵抗は日常の運転手が目視				箱桁内に露出した剛体架線
2	起電線	軌道桁下面に添架				点検用作業車による目視
3	変電所	一般鉄道と同じ				箱桁内又は上 縁に添架
4	保守管理	外観を広い空間から目視点検				—— “ —— 点検用作業車による狭い高所の作業

項 目	跨 座 型	形 垂 型
7. 信号通信		
1 機能	・ システムについては一般電車と同じ	—— “ ——
2 信号線、通信線配置位置	軌道桁内部に埋込み	箱桁内部に配線
3 列車検知、列車制御線位置	“	“
4 保守管理	広い空間で作業性良好	狭い高所作業で作業性悪し
8. 運輸		
1 走行性	高速運転で、運転手は絶えずモノレール施設と線路付近を目視	・ 曲線部での遠心力により横揺れで乗客に不安感を残す。
2 乗心地	停止時にはタイヤ間隔が狭いため、タイヤの弾性変形によるローリングがある。	・ 都市風、突風による横揺れが生じる (20m/sec に出たとき車両の床面が20cm横移動する。)
3 客扱い	貫通路の取扱い是一般鉄道と同じ ホーム緑端と車両の限界間隔は75mm	・ 懸垂棒の長さのため、絶えず横揺れがあり、とくに車両の連結部の拘束で不快揺れが生じる。 ・ 走行中の車両相互の揺れにより、貫通路は異常時以外閉鎖しておくのが望ましい(湘南モノは現在閉鎖中) 車両の揺れ余裕もふくめ80mm

項	目	跨	座	型	懸	垂	型
緊急時		・まづは駅まで自走、次は救援 ・列車の押し上げて駅まで回送 ・救援列車の連結による客の繰取り ” の横付けによる客の横取り			まづは駅まで自走 故障位置での下への脱出		
4 運転保安	建築限界内への道路交通違反物の侵入	インフラ構造物が建築限界を防護している			車両低面が道路空間中に施設として明示されて いないので、特別の施設を必要とする。		
9. 気象条件への対応		軌道路面に豪雨が降り走行面の際抵抗はやや 低下するので徐行 (約30～50mm/h 降雨)			軌道面は箱桁内部にあるため雨、雷による影響 を受けにくい。		
10. 環境問題		台車、駆動装置、防音壁等の改良により70ホ ーン程度になった。			—— “ ——		
1 騒音	発生源として騒音対策	車両質量とインフラ部の重量比が異なるため に発生せず			構内の桁に共鳴音が伝わることもある。		
2 振動		インフラ構造物が低く、軌道桁の桁高は低い			軌道桁が中空に横たわり、日蔭を作る。		
3 日照							

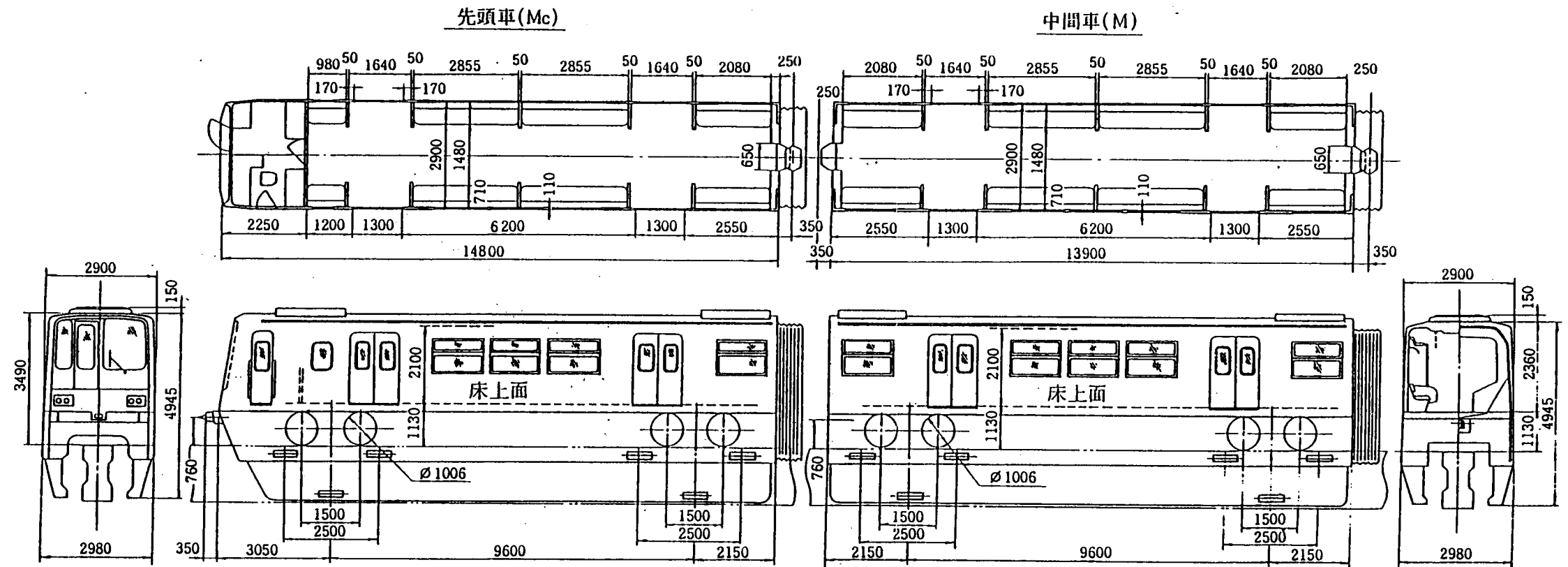
項	目	跨	座	型	懸	垂	型
4	電波障害						構造物の規模が大きく影響が出やすい。
5	都市美観						ペンキの色による都市との調和
6	ブライハシー						—— “ ——
7	道路交通への影響						車両下面の建築限界に施設がないため、自動車交通に不安を与える。
8	利用者、住民への信頼性						車両の窓からの住宅地の展望  実績と一般鉄道に類似のため信頼感を得やすい。
11.	実績ならびに将来への対応性						
1	高速大量輸送						車両の連結数を増して、時速80km/h 程度の運転程度を確保 羽田モノは6両連結 85km/h 自由に対応できる。
2	急行運転						せいぜい3両連結、車両相互間の揺れから制限される。 直線部のみ60km/h の運転速度通過駅でも車両通過駅でも車両の揺れを規制するため超低速徐行の要
3	駅の増設						—— “ ——
4	分岐器の増設						—— “ ——

項	目	跨	座	型	懸	垂	型
12. 建設費							
1	概算建設費の比較 (延長13.7km )	インフラ部	310	億円 23億円/km	〃	588	億円 42億円/km
		インフラ外部	290			290	
		計	600			878	
13. 保守運営費 (民鉄統計年報より)							
		羽田モノレール実績					湘南モノレール実績
		輸送人キロ当り運営費		5.0 円		11.6円	
		車両キロ当り動力費		261.0		309	
		輸送人キロ当り動力費		0.4		1.2	
		車両キロ当り		21.0		33.0	
		塗装費					
		鋼桁は全延長の32.5%とし、7年で塗替と仮定					鋼桁は全延長とする。
		700 万円/年 1 km				2.700 万円/年 1 km	



図3-7 大阪モノレール車両型式（跨座型と懸垂型の比較時点）

# 車両寸法



## 基本仕様

- (1) 形式：跨座式モノレール車両
- (2) 編成：Mc + M + M + Mc (4両固定編成)。  
編成長 59,500
- (3) 信号方式：車内信号方式。

## 定員と自重

区 分	先 頭 車 (後尾車)	中 間 車	備 考
定 員	94 人	103 人	4 両固定編成, 定員 394 人
空 車 時 重 量	27.5 t	26.5 t	



### 3-2 強度設計論の体系

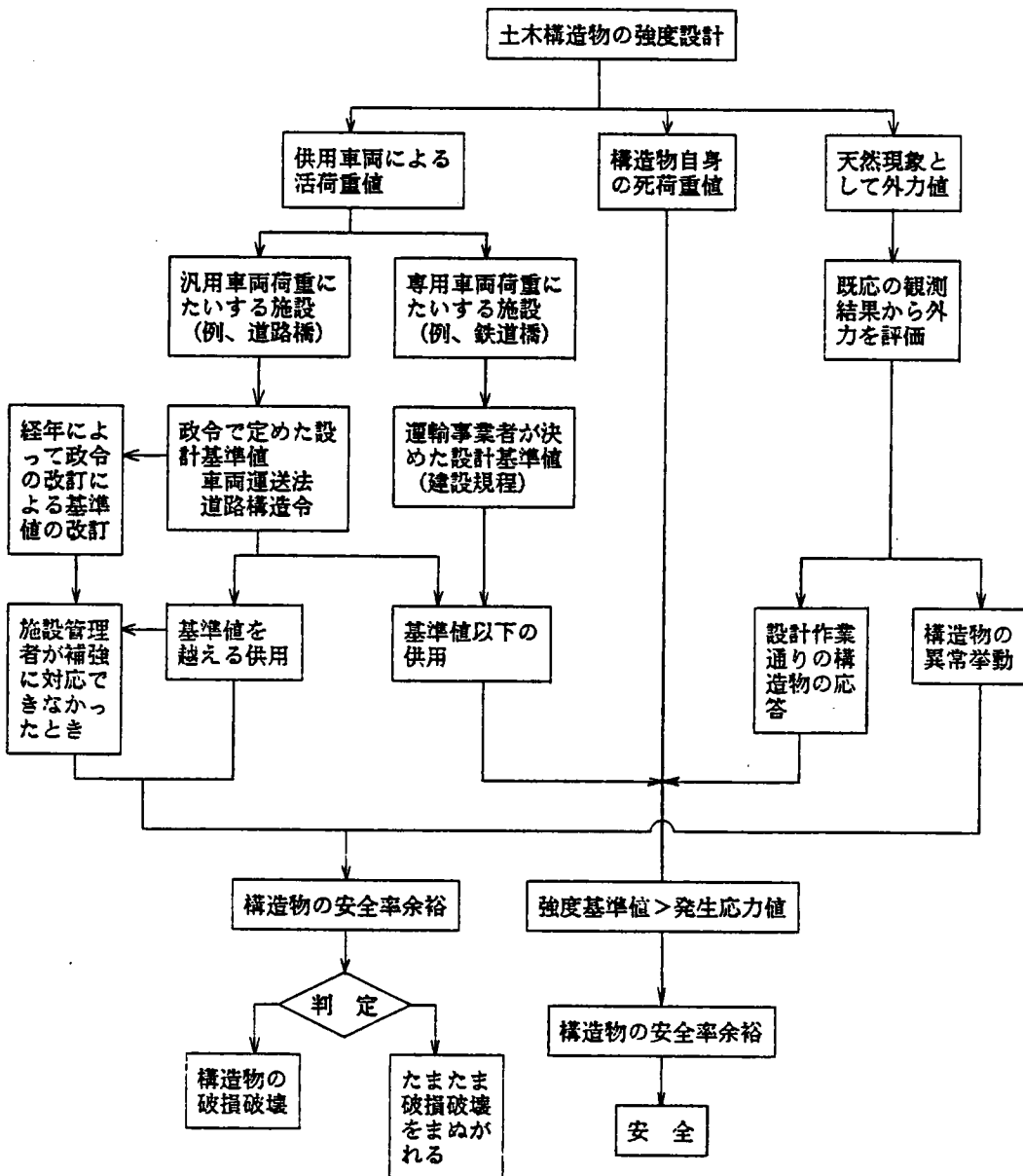
公共施設としての道路、鉄軌道の路線型施設はその運用機能は路線方向にたいして一方向性の可変速度を主体としたもので、航空機のように空中を自分自身の性能によって上下左右に自由な軌跡を求めて移動できるものではない。その意味において 道路にたいする自動車は運転者の車両操縦によって横方向の蛇行がわずかにあるが、物理学的にみれば直線走行区間での横方向発生力は小さく、曲線部の遠心力による横方向発生力は 道路舗装路面の片勾配と均合条件が成り立つようにタイヤと路面の摩擦力によって吸収させている。鉄軌道の場合、軌条と鉄輪はその機械的形狀によってさらに横方向にたいする拘束を行っているので、路線施設にふくまれる橋梁等の土木構造物についての載荷車両が求める運動機能は 単純な状態での進行方向への一方向といえることができる。従って 車両が求める土木構造物への要求は 車両走行にたいする空間確保と 走行中の載荷状態にたいする構造物の耐力強度となって、構造物の計画・設計における2本柱としては 車両運用にたいする空間を確保しながら、構造物の構造系全体及び構造部材の耐力強度が十分であるかの検証になる。

社会的に公共の位置付を得た土木構造物の耐力強度設計論の体系図は図 3・8 のとおりにかかれる。すなわち、供用車両が重力方向に発生さす活荷重と、走行にともなう振動と構造物の共振度、横方向力がある。車両重量による活荷重値は、道路橋のように個別輸送手段としての あるいは 車両所有者の趣味趣好等の別の要因から選択されている車種型式を、橋梁構造物などの短い延長における一般道路利用の概念を想定して政令で基準値を定めたものと、鉄道橋のように建設整備目的が路線運輸にかかる目的水準のため整備計画当初よりの一貫性をもった設計基準値を用いるものとがある。

次に構造物を構成する使用材料自身の重量による死荷重が付加される。さらに天然現象としての風による受風圧力、地震等の重力加速度による外力がある。いずれにしても設計作業時に取り扱った基準値が構造物に載荷され、構造物が適切に設計・建設されていれば構造物は安全である。

一方建設後の経年によって設計基準値以上の荷重載荷がある場合、あるいは天然現象による外力が構造物の挙動応答をふくめて異常状態が発生した場合などは、設計で用いた基準値を越える発生応力値が生じる。この場合は 構造系あるいは部材構成材料の安全率の余裕内であれば破損をまぬかれることもありうるが、構造物にとっては危険状態になっている。

図 3・8 土木構造物の強度設計論の体系図



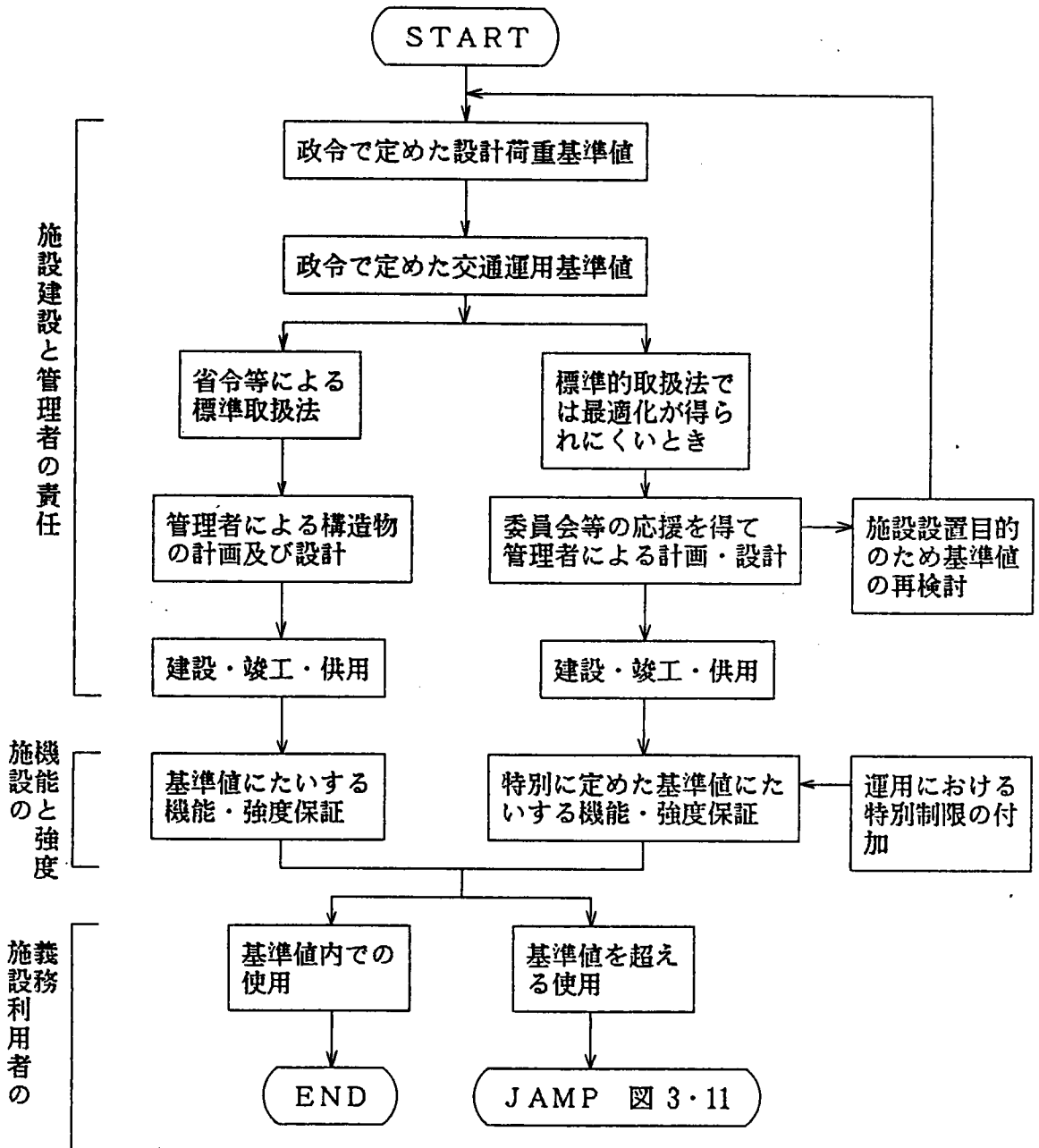
次に国が政令で使用についての制限を規定している道路構造物における強度設計の取扱の体系図と、国は施設の整備運用のため数種類の標準型を提示し、そのなかから事業者が選定して許認可を受ける規程による鉄軌道構造物の取扱の違いを図 3・9 のように対比して述べる。汎用型の中小規模の道路構造物の場合は、その設計活荷重値は道路輸送車両法（昭和26年6月1日）によって20ton の重量と車両諸元が示され、自動車車両はこの規定以内で製造されているのが普通である。これらの自動車車両の諸元及び道路利用の汎用的運用方法として道路交通法（昭和47年6月1日）によって中小規模構造物とされている短支間（普通80m以下）についての自動車車両等の載荷状態から、省令によって活荷重による設計基準値は定められていて、施設管理者はその規定値を用いて計画及び設計を行い、続いて建設後供用される。従って 土木構造物は政令で定めた基準値にたいする機能・強度を保证するので、その範囲内における施設利用についての安全で、範囲を超える利用にたいしては後述するように図 3・11の取扱いなる。土木構造物が巨大規模で個別特性の特徴が顕著な場合は、交通の一般汎用的運用から、例えば運転速度制限等の構造物の挙動・応答のため施設設置目的を再評価して設計基準値の検討が図 3・10の流れ図に沿ったルーチンで取り扱われる。この場合管理者が定めた運用制限内における安全が保証されている。

施設の供用目的が専用的である場合の構造物設計計画指針の例として 鉄軌道の線路施設としての橋梁構造物では、運輸型態から決めた路線敷設の整備水準として、輸送力を基本に車両の型式・規模・諸元について 運輸省が国内の型式統一化を目指して選定した代表数種類のなかから 路線目的の最適化にもっとも近い型式を基本に、事業者の僅かな個別付加条件を許して車両諸元・荷重を決める。次に路線の運輸目的にあう列車運転速度を選び、以上の2つの条件を運輸事業者自身が満足するように設計条件を選定した後、公共施設としての安全度の確認のために行政監督庁の許認可を受けることにしている。その後の取扱いは道路構造物の場合と同様であるが、個別目的のために整備された施設の事業管理者による供用であるため、設計基準値を超える供用は原則としてもありえない。

このように汎用供用と専用供用にたいする公共施設としての土木構造物の設計計画手法は本来異なるべきである。しかし個別専用目的としての鉄道橋設計についても、例えば 国鉄における建設規程は日本全土の施設を対象にしているため、車両も保有する多様型式によるさまざまな運転速度と線路の線型構造を総括して決められているので、設計値としては、その区別を前述の議論ほど工学的に厳格に取り扱う必要性が結果として少ないので、普通は道路構造物に関する設計指針と同様な編集によっている。

図 3・9 土木構造物の強度設計の取扱体系図

道路橋の場合 (道路管理者)  
(=行政機関)



鉄軌道橋の場合 ( 施設管理者  
= 運輸事業者 )

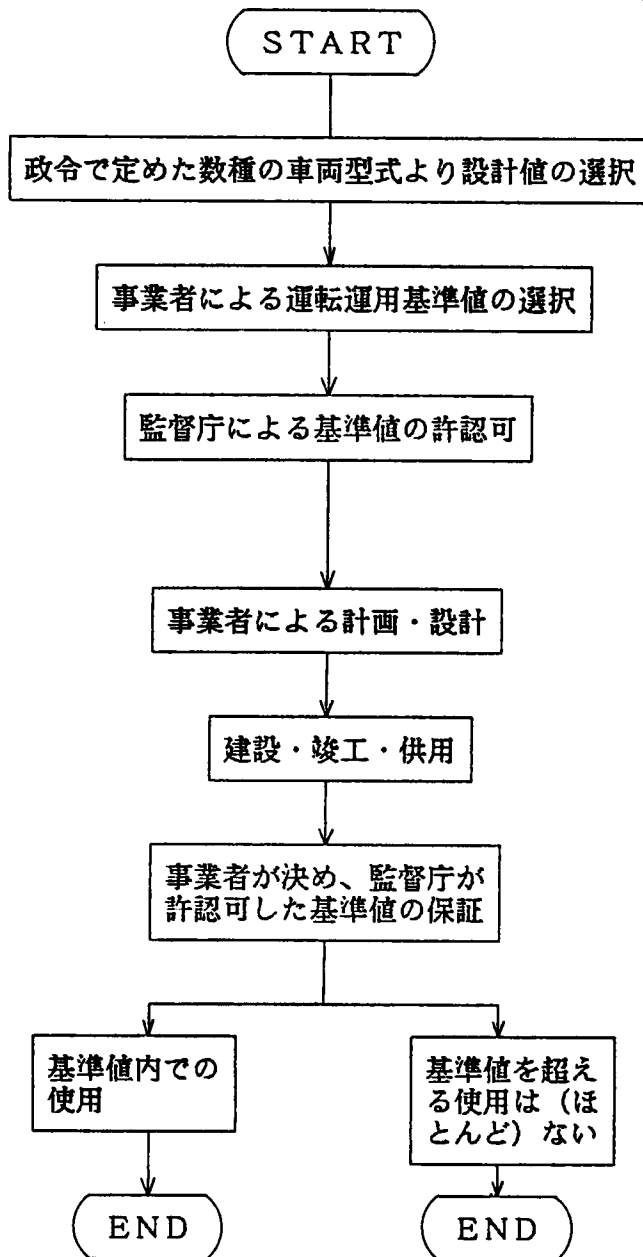
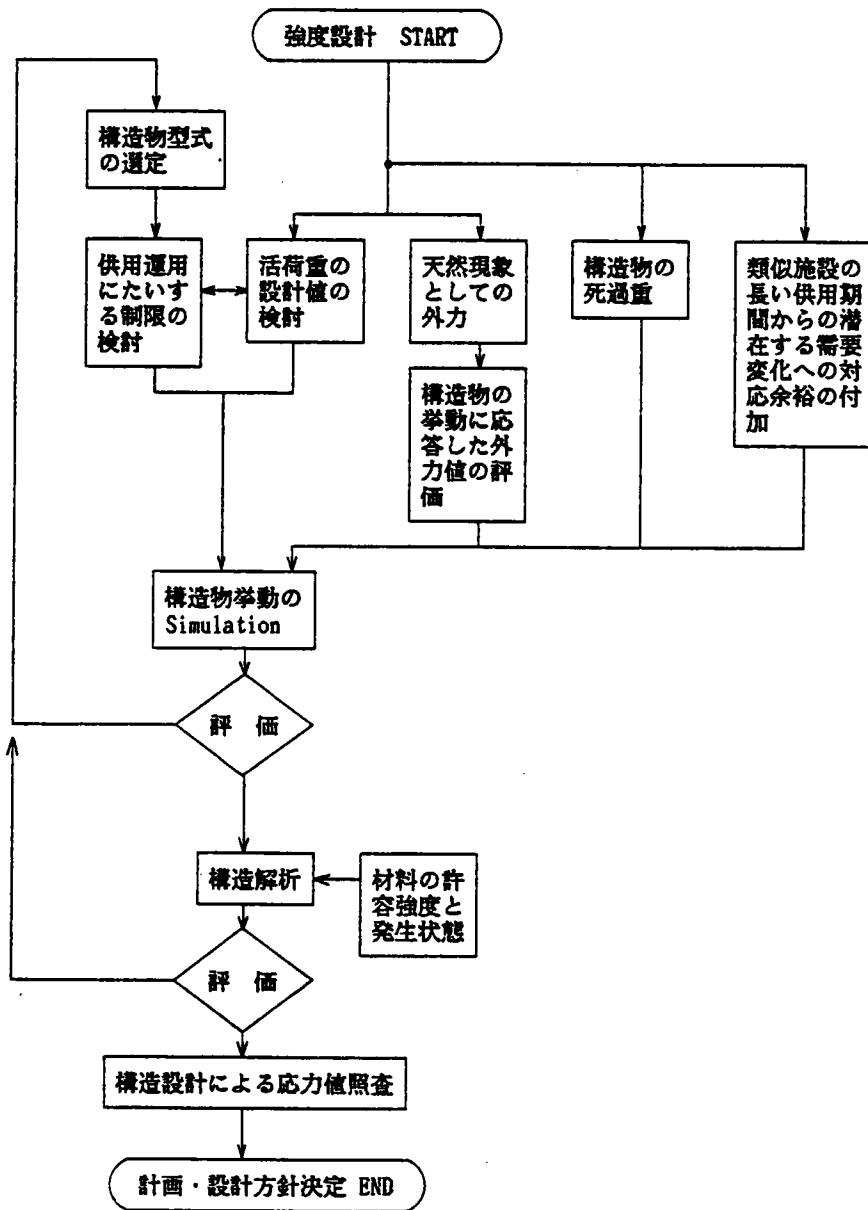


図 3・10 巨大規模の構造物設計の特例としてのルーチン

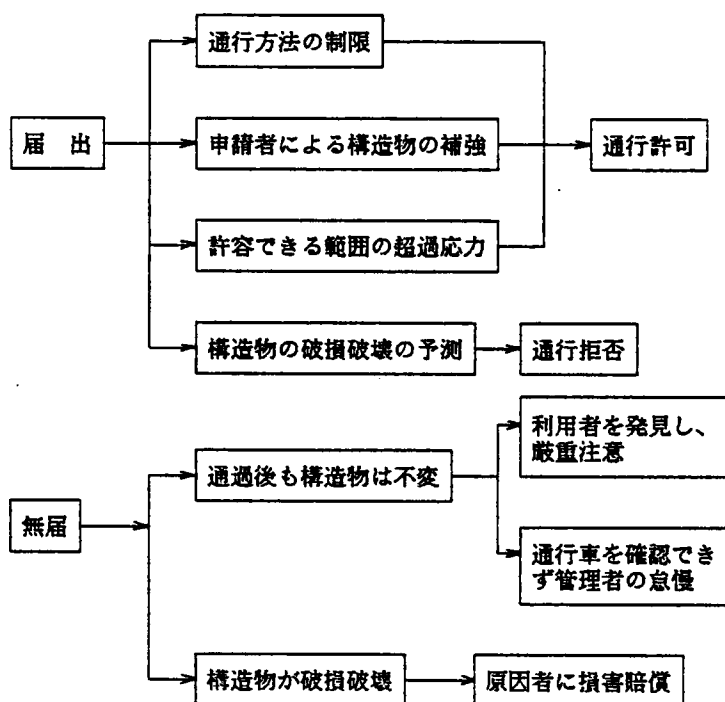




個別特性が顕著である巨大構造物は、汎用普及型の中小規模構造物にたいして、外力としての力学特性が予見されていても、構造部材を構成する材料材質の弾・塑・脆性域に関する応答方法などから、局部応力にたいする力学性状が不明であることも多い。とくに材質の一部特性を強調して開発された新材料では、2-5章の土木構造物の開発史で述べたように、構造物の外力にたいする挙動・応答が従前の技術力で解明されていなかった結果として、構造物の破壊事故例を多くみることができる。従って、図3・10に示したように個別の特性を追求する構造物強度設計のためのルーチン図を選ばなければならない。すなわち 専用供用法としての設計活荷重にたいする取扱は、鉄軌道構造物と同様であるが、作用として働く天然現象としての風の息吹き、渦の発生機構としての相似性 (Reynolds数、Strohaul数、Froude数等) が反作用として対応する構造物の構造系・部材断面寸法によって異ってくる。この結果 振動性状が構造物にたいして新しい挙動となって応答するために、普及型と異なった力学特性が新らしく発生していることがある。同様の例は 地震力にたいする構造物自重の関係、部材寸法と局部応力・ひずみ度の分布等のさまざまな現象を提起しているので、類似施設からの類推による構造物特性のSimulationとその評価、及び使用供給材料の材質特性をふくめた評価を総括したのちに構造物設計作業に進むことになる。

次に政令で定めた基準値として 汎用性のある通常の道路利用の場合以外の特別な専用目的として、道路利用者が表 2・15,16 で挙げた重量は寸法以上の車両の通行の要がおこつたときの取り扱いを述べる。この場合の道路管理者は車両制限令（昭和36年7月17日）に従って図3・11のように取り扱う。すなわち、利用者は自分の専用目的の理由と、使用車両重量とその走行状況等から構造物に与えると考えられる影響をまとめて管理者に届出る。申請を受けた管理者はその通行目的の公共性を判定したのち 通過が予定された構造物の健全度、耐荷強度を評価・判定し、運用方法として専用目的車両の前後左右に接近して連行する一般車両にたいする通行制限、あるいは構造物自身の持つ短期荷重による安全性の許容値等をふくめて通行を許可する。もし構造物に補強が必要と認められるときは、当然申請者の専用目的の補強であるので 申請者の負担で実施して通行が許可される。補強によっても耐荷力が不足している場合は通行が拒否される。

図3-11 道路における設計荷重値を越える車両通行の手続



これにたいして利用者が無届で利用した場合 汎用性を集約した形でまとめられた政令に基づく基準値にたいし超過载荷がおこなわれる。車両が構造物を通過後も構造物に破損破壊が発生しなかったときには簡易な措置ですまされることが多いが、もし構造物に欠陥が生じた場合、利用者は構造物に及ぼした直接的損害を管理者に弁償する。しかし、一般交通の通行制限やそのため生じた迂回通行による間接的波及損害は 報道などによる社会的道徳責任として取り扱われる例が多い。

以上 政令に基づく構造物耐力強度値を限界値として汎用特性と専用特性が発生する。通常 構造物自身も 建設年次による建設基準値、管理者の維持管理の能力と実績、周辺環境の変化等の個有の影響を受けた履歴を有しているので、その個有特性と交通の専用利用特性の相関関連についてはまだ解明されていない事柄も多い。

これにたいし 鉄軌道にふくまれる土木構造物の強度体系は別の立場からの見方が必要である。企業性を代表するものとして地方鉄道法では その建設目的は公衆の快適、迅速、安価等の利用意識からくる需要の供給手段として敷設されると述べられている。従って 敷設路線を鉄軌道経営者どのように考えているか、すなわち輸送力としての車両の形式重量、運転速度等の設計の基本原単位が先づあって、その要求を供給保証する土木構造物を提供しなければならない。これらの技術基準として鉄道事業者は地方鉄道法施行規則第31条（大正 8年 8月13日）に従って鉄道技術を十分習熟し 資質を持ち また輸送事業について事業者内組織で技術に関する責任が十分とれると認められた主任技術者を決めて、監督官庁に届出て承認されることが必要である。一方 監督官庁は鉄道業者が申請した主任技術者が不適当と認めたときは 彼を解任し、運輸事業を停止することができることになっている。

鉄道施設の財産帰属はともかく 財産管理については鉄道事業者に一方向的に帰属しているので、運輸上で発生した事故は鉄道事業者は責任であり、第三者に与えた損害については 民法上の事件として取り扱われる。このように鉄軌道は事業者による路線ごとの評価判断によって土木構造物の剛性が異なっても当然であるのが考え方の原点である。

しかし、施設整備及び運輸経費と運賃を主体とする利用者の受益者負担の原則として企業性のため、それぞれの路線については設計にたいする個有特性としての考え方を追求すると、互換性、汎用性の少ない車両等の資産施設の諸元が生じるので、国の運輸行政としては得策でない。従って鉄道事業者がその経済性を追求できる選択の余地を残して、実施計画をまとめるに

あたって適用するべき標準値として建築限界、車両限界、軌道間隔等の土木基準にかかるものを数種類を定めて、そのなかから事業者が採択することになっている。勿論 特別特種な目的をもって敷設を計画される路線については、特別設計（地方鉄道建設規程（大正 8 年 8 月 13 日）第 1 条）として特別取扱いを許す道は残している。

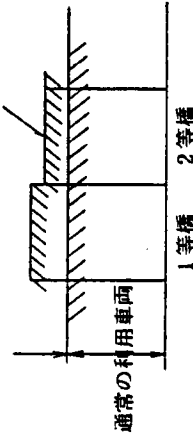
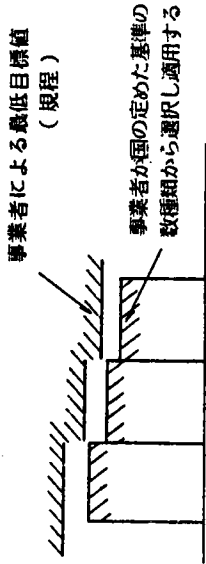
次に路線施設としての土木構造物への超過載荷を述べる。路線建設は鉄道事業者の運輸目的を供給した施設の整備であるので、老朽化、周辺環境が構造物本体へ加害して、耐荷力が不足して補修補強作業中の場合以外は、別目的をもった超過載荷が生じる機会は少ない。しかし輸送が大型物資等で分割できない場合など稀な場合として、事業者は土木構造物に載荷のための一時的な補強対策を建て、監督官庁の認可を得て通行をさすことができる。従って図 3・11 の道路構造物にたいして利用者の届出による場合に相当する。

以上汎用目的の公共施設としての道路における土木構造物と専用目的の公共施設としての鉄軌道のそれについての構造計画設計について需要の面からみた強度本系のあり方を述べてきた。すなわち、前者は国が政令によって定める規定であって何人もこれを犯すことは出来ないが、後者の場合、事業者自身の企業性を基として国が標準数種類の適用対象から選択採用し、許可を受けることに根本的な違いがあって、表 3・4 のようにまとめられる。

次に道路に対する自動車、鉄軌道にたいする車両について、運転者側から眺めると、自動車運転者は、前方道路の線型等の幾何構造的施設、路面の維持管理等施設の保守水準、交通の混雑程度等の運用水準等のさまざまな要因にたいして、公安委員会が定めた制限内で自分の走行目的を意識しながら 自分の能力で安全性の保証ができる運転速度を選ぶことが原則である。もし道路構造が欠陥があったとしても、それが運転手として対応できない瞬間の出来事以外は、運転手の自主責任が求められている。従って道路管理者は道路構造の欠陥について、これを運転者の運転刺激をわかりやすくすることで足りる。

これに対して鉄軌道、とくに専用軌道をもった路線では、運転速度の管理 停車位置の指定等はすべて運輸目的のために整備した車両運転心得（地方鉄道法による運転心得に基づいた認可事項）で決められていて、運転手は自由裁量の範囲は少ない。以上のように施設管理とその運用管理からも汎用性、専用性の違いがある。

表 3 - 4 道路構造物と鉄軌道構造物の強度保証の考え方の対比

	道 路 構 造 物	鉄 軌 道 構 造 物
設計荷重値、強度保証を誰が保証するか？	道路法に従い国が政令で設計荷重、強度保証値を定める。すなわち <u>規定</u> 自動車車両諸元はこの範囲内になるように従うのを原則とする。	鉄軌道法に従い国は鋼製の車両、強度保証法を指導し事業者はそのなかから車両形式を先ず選択申請し、次いで構造物の強度について行政監督庁の許可をとる。 すなわち <u>規程</u>
安全性がなく事故が生じたときの責任	道路管理者は公の営造者として手落ちがあったとき国家賠償法に従って損害を賠償する。	施設が鉄道事業者に帰属しているので、民法として事業者の責任で補償する。運輸大臣は鉄道事業者が強度責任を持てる主任技術者を届出させる。もし主任技術者が不適当なとき運輸大臣は解任できる。主任技術者のない鉄道は営業ができない。
強度保証値	<p>特別車両 (届出が必要)</p>  <p>国による保証強度値 (規定)</p>	 <p>事業者が国の定めた基準の数種類から選択し適用する</p>
超過重量車を通行させたいとき	車両重量は最大値を国が定める。特別の大型車は特別認可で、通行道路に制限あり。 その構造物を管理する行政庁に届出指示に従う。	車両は国の示す標準型の数種類から事業者が選択 普通は発生しない。特別の場合 構造物の補強を申請し 工事方法変更認可を受ける

公共性を強調した道路施設と企業性を強調した鉄道施設の両極端の土木構造物について、機能・強度設計の規定と規程にかかわる違いを述べてきたが、これらの施設がやがて発展し双方の考え方が接近し混合したものとして、従来の鉄道車両の鉄輪タイヤをゴム輪タイヤに代え、鉄道専用施設としての軌条及びその構築物を、道路上空空間の立体利用として道路占用施設（道路施設自身との拡大解釈）した都市モノレールの場合について述べる。公共交通機関としての機能を鉄道関係法の行政権限に残しながら、現行の行政予算のもっとも余裕があるとみられている道路特別会計を道路施設のために投下しようとした結果生まれた混合体である。従って 従来の行政法手続からすると全く複雑になっていて、このような場合の土木構造物の強度設計論の取り扱い方が複雑である。

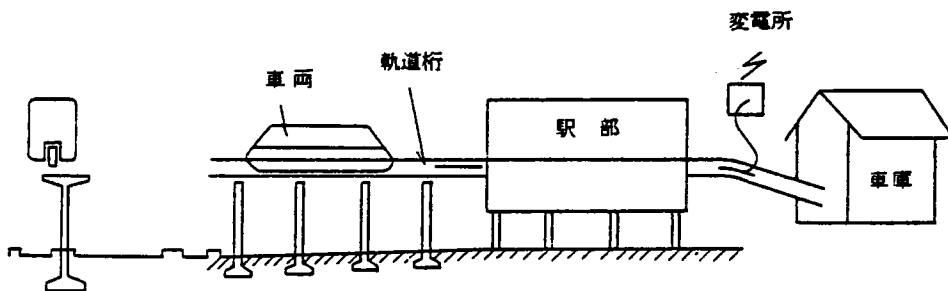


図 3 - 1 2 モノレール運輸の施設

大阪モノレールの場合 施設の建設 維持管理については次のようになっている。軌道構造は道路の分離帯、法面などの自動車交通に支障のないところに脚柱を建てこのうえに一本の軌道桁をおく。この軌道桁には列車の走行に必要な電力線・通信線が埋め込んであって、これらの指令をうけて、軌道桁を跨いだ型の台車構造を持った専用車両が走行する。駅部については、列車走行のための施設及び乗客の通路としての床・階段と運賃徴集、列車運行管理所から成り立っている。これらの諸施設にたいして道路会計から道路（軌道桁とそれを支える下部構造物、いわゆるインフラストラクチャー）と解釈される施設に補助金（建設省）を出し、その他の鉄道施設と解釈されるもの（インフラストラクチャー外）については鉄道事業者に貸付金（運輸省及び地方自治体）を融資しようとしたものである。この発想は負担能力のある特別会計資金をどのように引出して都市交通網整備のために助成し公共交通運輸機関の整備をはかるかをもとに考えられたものである。前述の事項を類似の免許性の路線バス事業にたとえて考えると、道路施設と鉄道施設が明確に区分され、その組み立てると理解しやすい。一般道路で営業する路線バス事業者が所有する施設は表 3 - 5 右欄で、これに対比するモノレール事業を中欄にまとめる。

表 3-5 鉄道・都市モノレール・バス事業の施設対比

鉄道事業		都市モノレール事業		路線バス事業	
鉄道事業者が持つ一体的施設	鉄道車両	イン会 フ社 ラ側 外施 部設	モノレール車両	バス車両	バス事業者施設
	整備工場・車庫		車両整備工場・車庫	整備工場・車庫	
	変電所・電力信号		変電所・電力信号施設	給油所等	
	駅施設		駅の客扱い施設	交通信号	公安委員会
	軌道・軌条	イン行 フ政 ラ側 部施 設	駅の構築物	バス停留所施設	道路管理者施設
	分岐器数		軌道桁	道路構造物・舗装	
			分岐器	区画白線	

土木構造物として、都市モノレールの軌道部としてのPC函型標準桁（支間20m及び22mの単純桁）及び鋼製函型軌道桁と、これらを支える下部工としての鉄筋コンクリートT型脚及び鋼脚柱などは、細長い薄肉断面を持った棒と梁の組み立て構造形式で土木橋梁構造物と相似あるいは同様の力学系を持っている。この土木構造物の施設及び運用にあたっては表3-5の通りに大型の建設資金のうちインフラ部構造についてその大部分を都市計画法で、運輸営業に関する施設の安全性の確認を軌道法で、またインフラ部施設の強度保証を道路法で、そしてこれらの多種類の法律の協力法として都市モノレールの整備に関する促進法で位置付けされている。そして運輸業として類似の鉄軌事業者が持つ一体的施設を上段のインフラ部、インフラ外部に分離して考える。

土木構造物設計のための構造物にかかる外部荷重として、車両設計荷重と死荷重をふくめた構造物の応答としての設計強度の許容基準値は、まづ施設の財産帰属者とその管理法令が表3-6のようにまとめられる。この場合インフラ部の管理法令が国が政令で定める規定の発想にたった道路法と、運輸事業者が企業性を追求するために国が定めた適用範囲のなかから任意に選択できる規程の発想にたった軌道法の重複がある。この重複部分は現実の取り扱い方について複合体として新しく諸問題諸要因を内在させている。

表3-6の下段の基準類から眺めた場合道路法が及ぶインフラ部についてはその構造基準は政令としての道路構造令を根拠に、車両の重量寸法等設計の諸元は自動車諸元にたいする道路車両運送法の考え方によって定めなければならない。一方軌道法は車両諸元について軌道建設規程に従って国はいくつかの種類の形式を定める必要があるので、この点については道路法所管の建設省と

鉄道関係法所管の運輸省は構造基準として車両諸元、線路線型等について共通の意識にたつて基準を定め、運建両省覚書として取り定めている。

土木構造物の強度設計のための設計示方書は、道路法はすでに汎用使用になった道路構造物への外力としての死活荷重の荷重とこれに伴う断面応力度設計計算法について一定の取扱い方針をまとめ、自動車走行にたいする構造物の剛性 変形変位は、超大型構造物など特別の個々の挙動と応答をもっていると考えられる以外の中小構造物については、構造物自身の安全性の確認を前面に押し出している、すでに多くの標準示方書が法律的位置付を得た省令、通達として公示されている。これにたいして軌道法は、本来が路線個々の運輸機能を保証することが目的で、そのため重い蒸気機関車の路線のその場所々々に応じて定められた運転速度を確保することが目的で、その安全性確保の第一義要因としては軌条の活荷重載荷時の変位変形である。道路構造物と異なって鉄道橋はその死活荷重比が数倍になっているので、軌道桁のタワミ変形はそのまま列車の乗り心地快適性に影響し、この要因自身鉄道事業者にとって企業性としてのサービス水準を示す商品の一つである。このサービス水準に源を持つ土木構造物の個々の設計方針は汎用性のある道路枠のそれに馴まない。

以上のように規定による設計水準と、規程による設計水準の2種類で、後者の要求強度が前者のそれを上回り、しかも前者の要求強度が行政団体の助成額査定となった場合、設計は類似の計算の2度手間であるとともに、設計水準の差は別途の投資額を要求する。表3・6に従って土木構造物を設計する手順として、道路橋では桁の剛性は載荷外力による構造部材の応力度とその安全性の確認と、構造物の永久的変形として桁のタワミ照査と進めるが、鉄道の場合載荷車両の鉄輪と軌条との許容精度がゴムタイヤの自動車にたいして約10倍であるために、その設計計算順序として事業者の運輸営業に採用する車両の形式諸元の選定、建設目的の列車運転速度を保証するための車両台車構造と軌条の精度、軌道部の必要剛性を先づ決めて、設計荷重と列車運転速度の相関値を保証する軌条桁の許容変形変位量に入るように構造部材の部材断面等構造形を選び、最後に部材断面に生ずる応力度の照査を行うことになる。

すなわち相似、類似の土木構造物の構造設計にあたって求めるべき要因は量と質は同じであっても、供用目的の機能追求のための要因の優先度が異なるときは、計算手順は異なるので、選択決定された構造物は異なっても当然である。筆者が担当した大阪モノレール事業の跨座型車両を選択した後の軌道桁の部材断面決定にあたっては、後述するように20年の運輸営業実績をもつ相似の東京モノレールの保線規程及び類似の鉄輪車両の保線規程から桁の剛性に先づ注目して、続いて慣行に従う設計々算法を採択した。



表3-6 大阪モノレール事業における法令解釈  
(都市モノレール法、軌道法、都市計画法、道路法の適用範囲等)

	鉄軌道施設として一体的なもの		
	関連街路 用地等	インフラ 支柱、桁及び床版、停留 場（内装を除く）、交通 安全施設等	インフラ外 電気施設、車両、停留場 の内装、乗務施設等
財産帰属	道路	管理者	軌道事業者
管理法令	道路法	軌道法	
責任範囲	公の営造物として国家賠償法の対称	主務大臣の指導監督を受ける 道路管理者と軌道経営者 の維持、修繕の詳細な区 分は協定により行なう。	軌道事業者の責任 (主任技術者の届出、 地施規第31条)
建設予算など		道路特別会計で補助	会社事業費
基準類	道路構造令（昭和45.10.29道路法第30条）	軌道建設規程（大12.12.29軌道法第14条）	公的基準
		モノレール構造基準（昭52.9.19 両省覚書）	
	モノレール構造基準調査報告書（昭50.3. 道路協会）		
		中量軌道輸送システム及びモノレール構造物 設計基準研究報告書（昭53.2. 同研究会）	準公的基準
		土木学会	
	モノレール設計基準（昭40.7. モノレール協会）		私的基準

道路法 第30条（道路の構造の基準）  
道路の構造の技術的基準は道路の種類ごとに  
左の各号に掲げる事項について政令で定める。

道路構造令 第1条（この政令の趣旨）  
この政令は道路を新設し、又は改築する場合  
における道路の構造の一般的技術的基準を定  
めるものとする。

軌道法 第1条（この法律の対象）  
本法ハ一般交通ノ用ニ供スル為敷設スル軌道  
ニ之適用ス

軌道建設規程第1条（総則）  
軌道ノ建設ハ本令オ定ムル所ニ依ルヘシ



### 3-3 本来機能を発揮するための余剰施設

土木構造物を計画設計するに際しての第一義目的として、本来機能の保証と公共性からの強度論を述べてきたが、本来目的を保証するために不可避な余剰施設を忘れることは出来ない。路線型としての道路・鉄軌道施設の主要構造物の機能と強度の両面の本来目的整備のための最小余裕として付加される余剰施設が本来施設にも影響を及ぼして派生する副次効果と波及効果もある。

いま図 3・13のように道路構造基準の建築限界と運用車両の諸元との空間、及び鉄軌道における最小必要断面空間としての建築限界と列車車両の製造諸元との幾何学的関係と、このような幾何構造を保ちながら構築する道路及び鉄軌道線路の耐力強度としての力学系への影響を述べる。

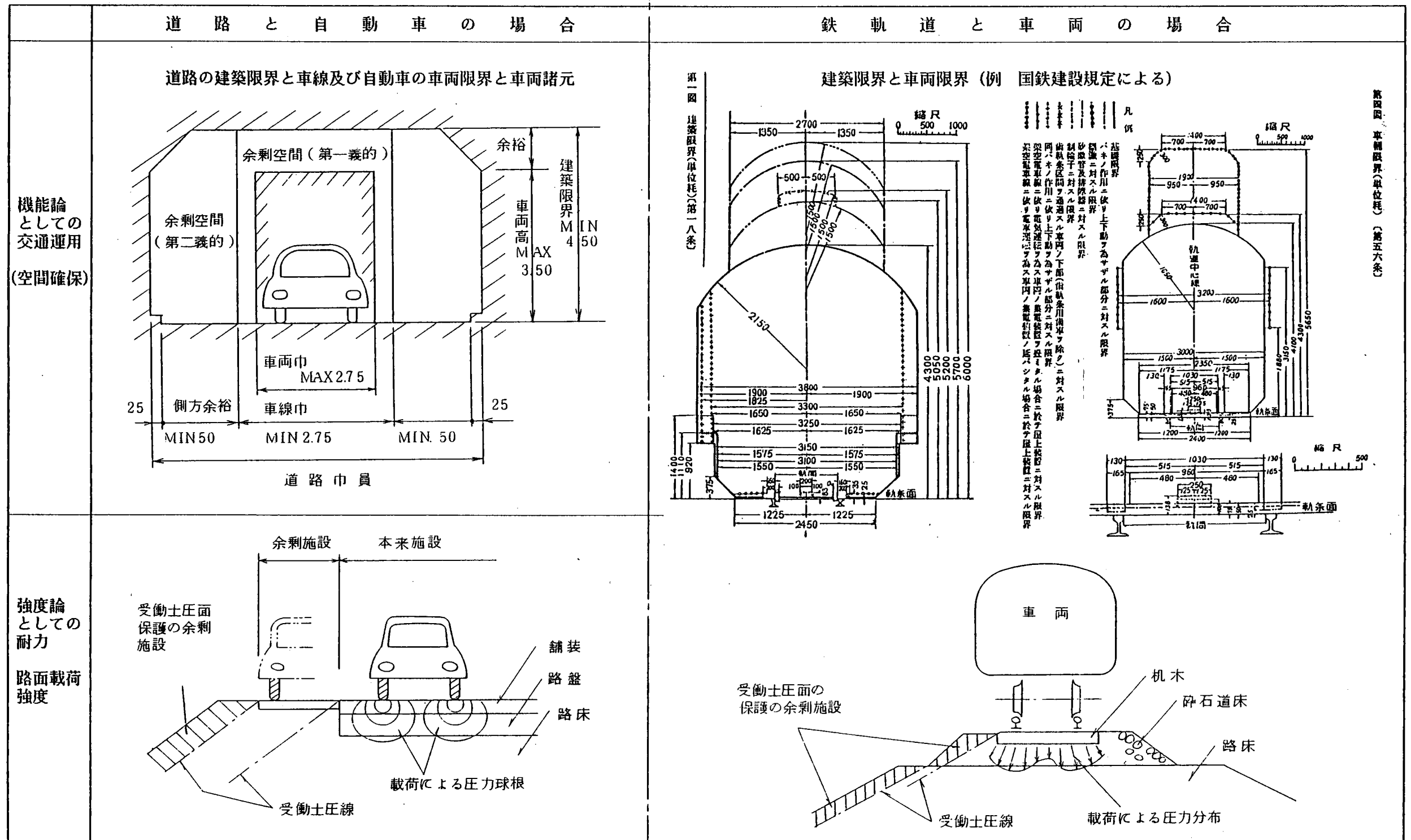
道路・鉄軌道施設における本来機能は表 3・7 に対比列記したように車両の円滑な走行である。両者の走行メカニズムは酷似しているが、その施設構造の様式が、ゴムタイヤと平坦舗装面、鉄輪と軌条の断面における幾何形状の違いによって 機構とその精度公差及び余剰施設の規模が異なる。道路は自動車を対象にするので、平坦な舗装帯の巾のなかの走行位置を決めるものは 運転者個人の操縦技量によるところが大きい。従って車両通行帯としての車線巾と側方余裕側の余剰施設規模は決め方については多くの観測例をもとに決められる。これにたいして鉄軌道は、玄人の運転でしかも走行位置が軌条によって拘束されているので余剰施設巾の空間は道路にくらべて狭少ではあるが、両者の現象発生要因は相似である。

余剰施設は本来機能の運用と耐力の両面から、その内容 規模 量が決まってくる。施設の本来目的が類似のものにあっては 余剰施設も相似・類似であることがほとんどである。その意味において道路と鉄軌道施設は表 3・7、図 3・13のように対比して考えられる。

表 3・7 道路と鉄軌道における余剰施設とその効果の対比表

		道 路 の 場 合	鉄 軌 道 の 場 合
機能論 としての 交通運行	本来機能	・ 自動車車両の車線内の円滑な走行	・ 軌条によって定まった走行位置の円滑な走行
	余剰施設	・ 車両諸元と車両限界との空間確保  ・ 車線内における車両走行の横ぶれ空間  ・ 車線と建築限界との空間確保 (側方余裕帯等)	・ 車両製作公差等と車両限界との空間確保    ・ 車両限界と建築限界との空間確保
	余剰施設のもつ副次効果	・ 故障車両の待避場所 ・ 本線車線が渋滞時の臨時付加車線	・ 施設管理者による運転者への空間確保の心理的保証
	波及効果	・ 注視野の拡大  ・ 運転者にたいする運転心理への余裕	・ 注視野の拡大
強度論 としての 耐力	本来目的	・ 車線内の走行車両載荷にたいする耐荷力保証	・ 走行列車載荷にたいする軌条の剛性保証
	余剰施設とその効果	・ 側方余裕巾における舗装が本線舗装の破壊などの防護  ・ 路床の強度保証のための路盤余裕帯が受働土圧の余裕としての効果  ・ 土構造の風雨浸蝕防止の保護施設	・ 軌条の締結枕木の外側の碎石道床が保線における線路余裕巾へ利用  ・ 碎石道床の強度保証のための路床余裕帯  ・ 土構造の風雨浸蝕防止の保護施設
	余剰施設による副次機能	・ 車両の駐停車場所、臨時の付加車線の提供	・ 保線要員等の通行帯  ・ 通信線等の埋設帯
	波及効果	・ 道路振動の周辺地への伝播エネルギーの低減	・ 列車走行振動の周辺地への伝播エネルギーの低減

図 3・13 道路と鉄軌道における余剰施設とその効果の対比





余剰施設をふくめた道路の本来機能を発揮するための幾何構造としての巾員の決め方は、Highway  
 1)  
 Capacity Manual をうけ、これを日本の国状にあうように適用して、政令に基づく道路構造令のなか  
 に次のよおに取り込んでいる。

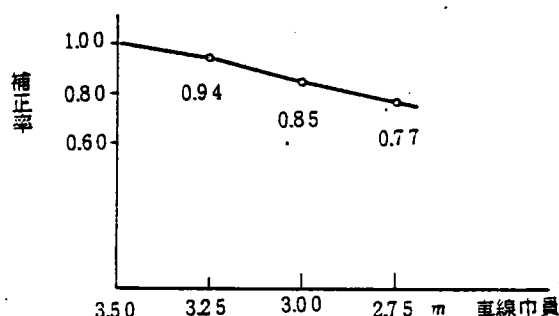
すなわち道路施設と交通運用・管制が理想的な状態における標準的な形式・寸法・性能の乗用車  
 のみが走行しているときの交通量を観測して、これを基本交通容量とする。次に実際の道路施設におけ  
 る幾何構造の主要な障害条件、交通運用・管制による走りにくさを評価し、この値を可能交通容量と  
 して道路設計の基本原単位とすると次式のように低減公式となる。

$$(\text{可能交通容量}) = (\text{基本交通容量})(1-a)(1-b) \dots\dots$$

これらの低減率の評価値の定量化にあたっては、自動車に関する交通工学の先鞭となったアメリカに  
 おける諸種の観測結果をFeet法からmetre 法に置き換えて取り入れている。それらのうちわが国の道  
 路構造令に導入されたものには次のような項目がある。

1. 車線巾員は3.50m (12feet) を基本とし、これより狭いものについて図3-14の比率を用いて低減  
 する。

図3-14 車線巾員による補正



2. 車線巾員から外側で、路上にある障害物（側溝、電柱、擁壁等）までの距離（側方余裕）が1.75  
 m (6 feet) を基本に図3-15の比率で低減する。

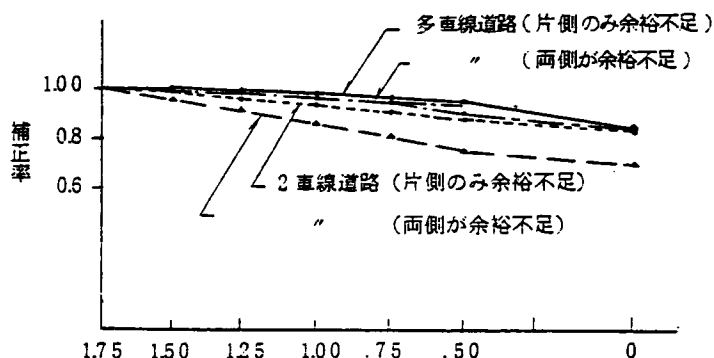


図3-15 側方余裕巾による補正

3. 自動車の運転は、運転者の前方注視野、注視距離と運転中に目に入る刺激の強弱によるので、路線の縦断勾配 曲線半径 視距 その他線形条件をふくめた幾何構造の低下によっておこる低減。
4. 理想的な交通運用としての基本交通容量は、性能が揃った標準的な乗用車ばかりによる走行をとりあげている。これにたいして走行性能の悪い、巾が広い大型車が混入したとき、後続車両は運転車の前方視野の障害、自由な条件での運転速度に制限が加わる。等々これらの事柄をまとめて大型車両の全体交通量にたいする混入率による低減。
5. 標準的な乗用車群による利用であっても、道路施設に何らかの条件状態で制限がかかっていること。（ただし平面交差点部の交差点における可能交通容量は、車両の直進、右左折によって全く異なる観測値を基準として低減率をきめる。）

以上のことが単路部道路における交通容量の設定にたいする基本公式である。

これにたいし道路交通量は地域社会の開発、活動条件によって季節的、周日的、時間的な変動があるので、これらにたいする推計上予想される1日交通量を年間を通じての毎時間交通量の変化率から、都市計画道路巾員には第30番目交通量、観光地等 定時性の低い地域では第100番目をとることにしている。この標準値はアメリカのそれより低く、道路資本の整備高上によって引き上げられる計画水準として考えられる。

道路の交通量と施設規模のあり方を詳細に説明したが、道路にふくまれる土木構造物たとえば道路橋の巾員について考える。道路橋巾員のとり方は昭和42年改訂の道路構造令が定まるまで、車線主義の不徹底さを受けて、日本の経済力と建設投資額への節約、自動車が輸送手段のわき役で、歩車混合による道路巾員をとる意識から、道路橋の巾員は前後の取付道路（構造物を除く平面、築堤道路等）巾員よりも $0.25\text{m} \times 2$  狭少にとるように定められていた。しかし橋梁としての強度設計は当然車両の載荷を予想している。

初期の国土幹線高速自動車国道として建設された名神高速道路は、この考え方をうけて路肩巾員は側方障害物までの距離をふくめ土工部は標準的（ $1.8\text{m}$ ）であるが、長大構造物は縮小されている（ $1.0\text{m}$ ）、交通運用から道路幾何構造はインターチェンジ間を1区画とする傾向が生まれるので路肩巾員の地形による相異、路肩部の舗装厚さの低減は納得できる。都市内自動車専用道路としての阪神高速道路の市内環状線から分岐した放射線は、現在の交通量から片方向の2車線とも追越機能を持たない走行車線である。この場合ランプ距離が都市の平面街路との接続できまるので、狭小な路肩巾員は交通事故、補修工事等による交通混雑の機会を直ちに車道へ転用される。

すなわち、道路幾何構造は国状のちがいによる計画水準の違い、経済活動による意識の変化、経年による運用方法の変化等を主要因として、余剰施設の規模は絶えず変化していることがわかる。



鉄軌道にたいする車両限界と外側余裕空間としての延梁限界までの隙間は、道路のように路線の路端に沿っての沿道土地利用がないので、この空隙基準値について積極的な意味においての心理学的研究を行うかわりに、沿道からの侵入防止の目的での連続柵 あるいは騒音環境対策もふくめた連続壁の設置によることが多い。しかしながら この事は列車事故など万一の緊急救援対策には余剰施設空間の不足が作業性を低減し障害となる波及効果もある。換言するとある要因にたいする対策は他の要因への排反効果を表す場合もある。

次に車両を支える耐力強度論としての余剰施設として、図 3・13に示したように 道路構造では車線部以外の側方余裕巾員は通常は車両部より低い水準値としての薄層舗装がされている。また輪荷重による載荷圧力球根で表される主動土圧にたいし路盤・路床の受動土圧が安定しているように余盛盛土とその表面の風雨にたいする浸蝕防止の法面保護が要る。これらの施設は極くわずかではあるが周辺地盤への振動の伝播エネルギーの低減にも協力する。

鉄道車両は汎用的な道路車両にたいしては、輪荷重が集中し かつその荷重値が大きいので、これを縦方向に分散する軌条剛性と横方向に分散する机木構造で剛結されている。また、列車の乗心地は運輸サービス水準の主要因の一つで、この要因は車両の車体構造としての車軸受バネによっても対応するが、土木構造物としては軌条の弾性支持を確保するため碎石道床を設けている。この碎石道床はまた軌条保線基準値を常時保証するための容易な作業性を有しているなど余剰施設による副次効果と、それに続く波及効果などと 施設の一つを例にとってみても影響の及ぶ裾野は広い。

土木構造物を例にとって車両走行の本来目的を供給する車線巾の舗装など平坦な剛性帯と、その運用と強度保証のための余剰施設としての側方余裕帯を述べた。この側方余裕帯としての平坦な帯が橋梁構造、とくに鉄筋コンクリート床版を鋼板桁と合成した主構となる合成桁断面をもつ桁橋では、交通運用のための余剰帯はそのまま耐力強度設計においては本来目的の剛性へ利用されている。もしこの波及影響を見落したとき主構としての桁の断面剛性は、断面の中立軸の位置の変化によって非常に影響を受けているので、改めて耐力強度からの安全性を校照しておくことになる。

同様の事柄は河川の流水部に建設した橋梁脚柱は橋梁構造の機能・強度保証の第一義の利用施設であるが、河川にとっては流水障害、渦の発生、周辺河床掘削等 河川施設の第一義目的に全く排反することがある。このように永年の天然条件にたいして安定している地形・地勢に人為工作物を設置する場合、人為工作物の第一義の本来機能とその施設、余剰施設とその影響、発生する副次効果、波及効果等は双方の立場から要因分析を行い、相關関連についての優劣比較をふくめた双方への影響の研究・検討システムが必要である。

### 3-4 企画・設計・施行・管理と連なると時系列的各段階における課題

われわれが現在利用している土木構造物として道路橋梁を例にとると、その利用目的を満たす技術開発、材料開発、力学設計を行って製作、架設されたものである。道路橋梁本体は財政学的要素を多く含んだ社会資本であるが、建設過程では目的達成を如何に安価にするかの経済理念によって取り扱われる。このため古くから土木構造物の開発にたいするさまざまな努力が絶えず続けられてきている。一方、公共構造物は長い年月の供用期間に生ずる社会変遷にも耐える余裕を持ちながら利用者への安全性を保障することを主眼に、その機能を満たす範囲の最大限の技術を駆逐することである。しかしながら、応々にして技術開発におぼれ建設の全体としての均衡を失なったり、あるいは建設時点に予測されなかった現象に遭遇する場合がある。ここではこのような事例をあげながら公共構造物にたいする時系列的要因を探る。

古い時代に建設された歩車混合の橋梁に、巾の狭い歩道橋を併設添加しようとした建設中に落橋事故を起こしたことがあった。新聞の報ずるところに従うと、その構造は2本の鋼組立I型材を併列し、架設工事のために幾本から対傾構で横方向に止められていた。新設添加橋の床版コンクリート打設中に、歩道橋の主桁は、複合された原因によって横に傾むき、遂に転倒して、落橋事故となった。事故

図3-16 既設橋に添設された歩道橋

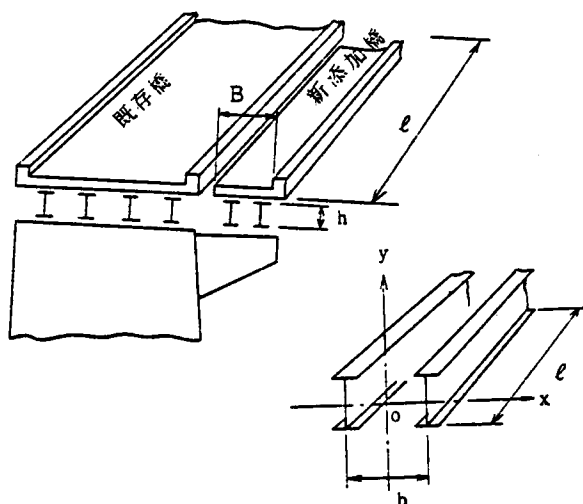
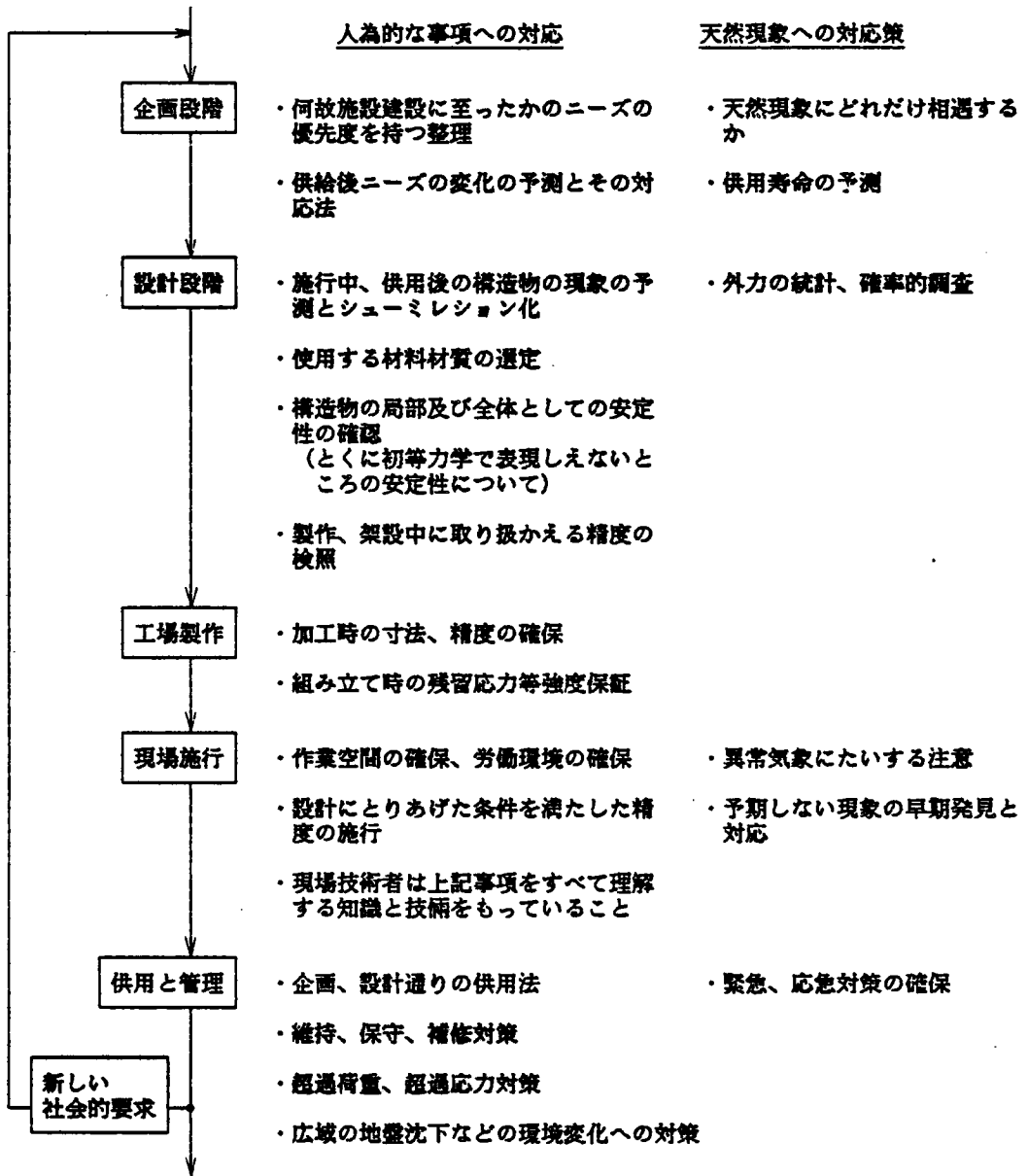


表3-8 歩道橋の落橋事故から思う



現象から種々の原因が追求されてくるときが、この事例を思い浮かべながら時系列に従って公共構造物の設計論を進めたい。

表3-8 のように公共構造物は 地形にたいする人為的工作を加えて 公共供用の目的のために利用される施設である。その建設、維持、管理に及ぶ期間を企画、設計、工場製作、現場施行、供用と管理に分けて考える。歩道橋の公共施設としての第一義目的は、歩行者の安全を保証しながら供用期間を耐えることである。この公共施設の架橋位置は 特別の美観を要する地域でもなく 投資金額がその地域経済振興に連ながるほどの規模のものでなく 波及効果としては極めて少ないと考えられる。

企画時点においてはできるだけ少額の建設費で架橋され、供用後将来の交通で変化を予測されるのは 建設年代では原動機付軽車両の通行程度であるから 供用後のニーズの変化は皆無に等しいと考えることができる。従って 設計手法においても構造物の規模の小さいこともあって、極く普通の初等計算法でなかったかと推察する。しかしながら事故に発展した現象からみると図3-16で示したように、2主桁間隔 $b$ と支間 $l$ の比( $l/b$ )は大きく、2主桁はあたかも1本の棒の挙動を示しやすいので、支間に直角断面における $x-y$ 座標の原点 $O$ のまわりの回転が予想される。また、2本主桁を剛結する横構、対傾構の数と主桁との相関剛比によっては 床版コンクリートが硬化して横つなぎとしての効果を発揮するまでは、2主桁は載荷荷重にたいする応答が別々であるので、単桁として断面のもつせん断中心のまわりに回転を生ずる。このことは組立板桁の断面主軸と重力の方向との不一致の瞬間も予想され、桁の不安定挙動としての横座屈、フランジ局部の板の座屈、支承部附近の拘束力不足など、推論ではあるが、普及している初等力学で取り扱う以外の現象が突発しているのでなかろうか？ もしこの推論が標を得るのに近いとするならば、設計時に施工の各段階で生じる可能性のある危険現象を予測していない。すなわち公共構造物の設計にあたっては、その構造物の供用後の状態とともに 架設中の現象を予測し、これらの現象にたいして構造物の単体及び全体としての安定性を見直し、それらの力学挙動を忠実に表現する計算法によるべきで、それが高等数学による厳密解か、初等力学による近似解かは別次元の事柄である。この点について 最近設計々算法の格一化、コンピューターによる複雑計算の取扱いの容易さのため見逃がされやすい部分となってきた感がある。

工場製作においては、設計々算を満足する精度での仕上げとして、寸法及び材料材質内に残る残余応力と歪とりがあげられる。一般に鋼構造物、プレストレストコンクリート構造物の部材製作にあたっては、屋根を持った建物内作業で労働安全の配慮がいきとどいた環境で実施される例が多いので、製品にたいする品質管理は いきとどいてきた感じがする。これにたいして 現場施工となると作業空間の確保あるいは構造物の部材は屢々重量物・長尺物で、場合によっては運搬、吊り下げ、地上での保管法についても、発生予想応力から力学的制限を受けていることもある。現場技術者はこれらに

たいして十分の知識と それを満たすための施工機器類の確保が必要である。また以上の条件も強風、降雨、豪雪によっては影響をうけるが、屋内作業の環境保全と同様に施工時に配慮しなければならない問題点である。

竣工した公共構造物は 企画に際して求められた公共目的のため供用される。このことは機能の保証である。しかしながら長い供用年月のあいだに施設管理者の財政事情によって機能保証を満足させる程度まで維持できていない場合がある。例えば鋼材の再塗装と腐蝕、河床低下による橋脚の沈下で、桁に余分の応力が導入されること、設計時には予想しなかった重量物の通過などがある。

企画設計時には公共構造物の選定理由に、建設投資額を指標に用いた経済性が論じられることも多いが、本来 道路・鉄道にふくまれる構造物は供用年限の長い社会的備品であって、施設自身に財政学的要素を多分にふくんでいるので、建設中の広範な現象、挙動、応答について十分配慮するとともに、供用後の事項についても、企画時点で予想されうるものは（社会的違反の利用も）深くその対応のあり方を検討し、その結果をふまえて構造物の選定及び建設につとめるべきである。

次に供用後の長年に渡って企画、設計時点で土木構造物自身にふりかかる現象、挙動について幅広く検討を加えておかなければならないことを先に述べた。しかし構造物の設置地域をふくめた非常に広い地域に発生する建設年次に予想されなかった社会現象もある。このような場合、構造物自身で如何程の将来にたいする施設の自由度をそなえていても防衛することはむづかしいこともある。大阪における地下水汲み上げによる広域地域における地盤沈下はその例である。

大阪平野の古水系は図3-17のとおりで、大阪は淀川、大和川の最下流部に発達した都市で、瀬戸内海の東端の大阪湾最奥部に位置したため二大河川が運搬して堆積土砂と、西風による漂砂の堆積によって開かれた地域である。昭和初期からの近代産業の発展と、これら産業を支える水の供給に地下水の汲み上げがはげしく図3-18のように西大阪地帯をはじめ広域的な地盤沈下が生じた。

地盤支持力を構成する土の強度は、土粒子の圧縮強度と、被圧水の和であるから、井戸による被圧水の汲み上げは土層の排水圧密の現象であり、沈下現象が発生するのは当然である。大阪附近の地盤沈下が初めて具体的にになってきたのは昭和3年 旧陸軍陸地測量によって行なわれた水準測量の結果からであり、昭和9年9月の室戸台風による大きな高潮被害から、多くの人々に大阪の土地が低くなっていることを痛感させた。これを契機として市内各地に水準測量の基準点が設置され、以後毎年沈下測定を行い、また地下水位の観測井戸の設置や深層ボーリング調査、地下水揚水調査、地下水系調査などにより、地盤沈下の主因は地下水汲み上げによる軟弱粘土層の圧密沈下によることが判明した。

沈下は図3-19、20にみられるように産業経済の成長と相關している。すなわち、昭和初期から進行

図3-17 大阪平野の古水系

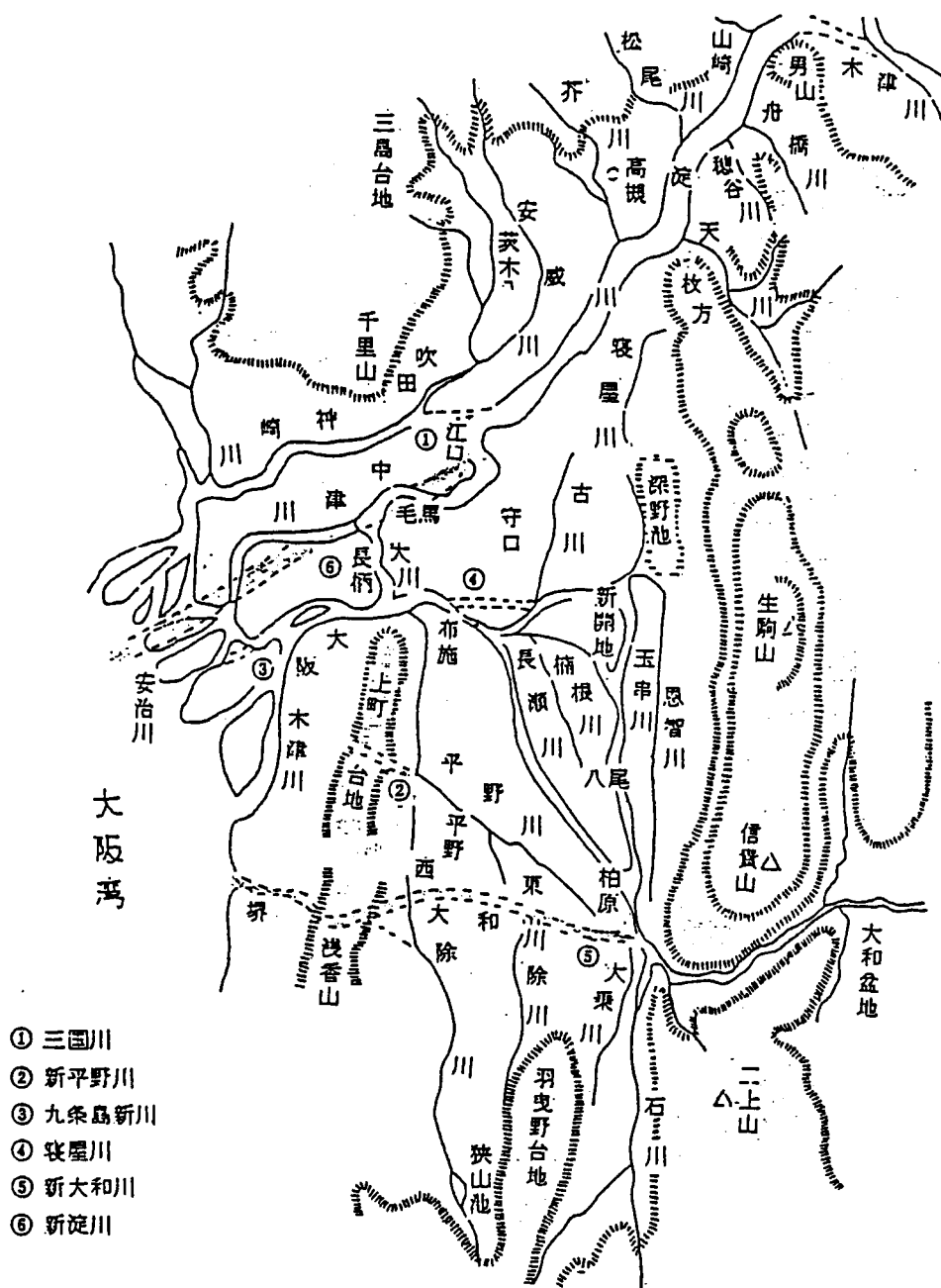
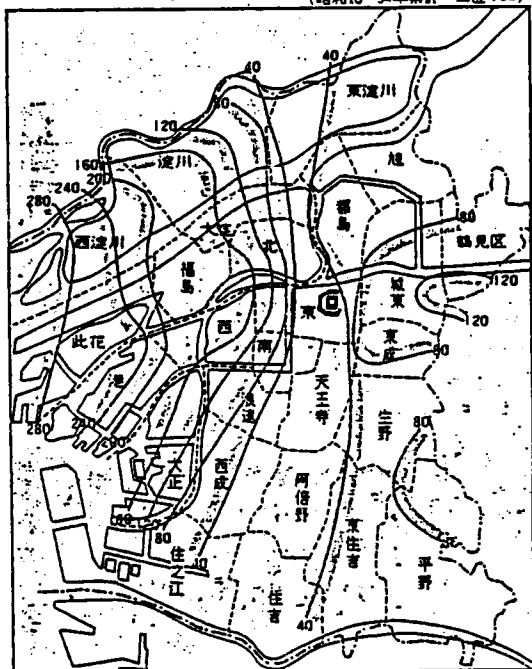


図3-18

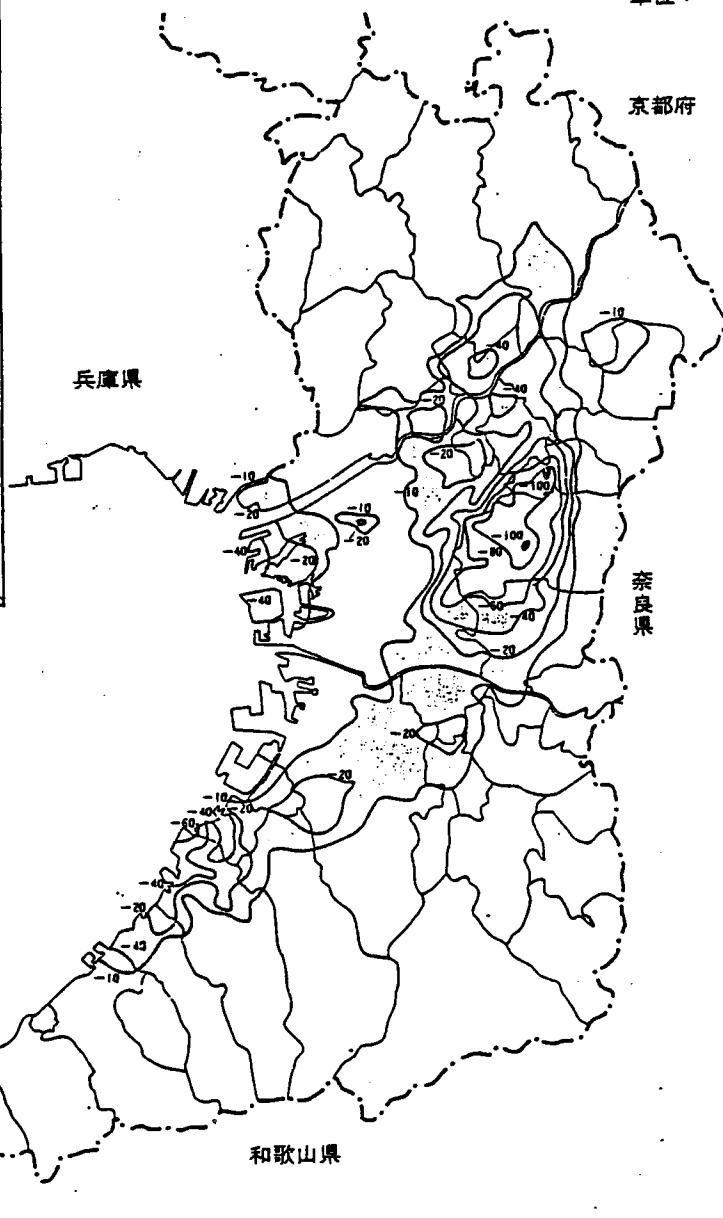
大阪市内の地盤沈下等量線図

(昭和10-54年累計 単位:cm)



大阪府下地盤沈下等量線図

(昭和39-54年累計 泉大津市以南昭和42-54年累計)  
単位:cm



していた地盤沈下は、太平洋戦争後の荒廃で一次止まったものの、経済復興とともに地下水が工業用水、ビル冷房用水として使用されて、再び沈下が激化し、昭和10年から昭和40年迄の約30年間に2mを越えるところも現れた。このように広い範囲の被害影響が生じると、行政当局としても、その対策をたて、昭和34年からの新規井戸設置の禁止に引続き、昭和37年より強力な汲み上げ規制と、それに代わる工業用水の供給をはじめ、ビル、工場に施設の転換資金融資助成等の行政措置が行なわれた。その後、地下水位の回復とともに沈下の鈍化がはじまった。

地盤沈下の影響を受けた地層は堆積層（厚さ10～30m）の被圧水の汲み上げによる圧密沈下が原因であるので、堆積層に基礎工をもつ構造物は当然のことながら沈下をする。また支持層（天溝層）に基礎工（先端支持杭等）を持つものは堆積地層の圧密による基礎工周辺の土の負の摩擦力によって杭は押し下げられ沈下する。いずれの場合も地表層は図3-19にみられるように相当量の沈下現象を生じたので、構造物と地表との接触面においては構造物竣工後に高さの違いが生じ、この沈下量は土粒子の塑性が高く地層構造の履歴（被圧水圧力と先行荷重載荷とそれにたいする土層中の反応）によって不等沈下となるので構造物は力学的影響をうける。図3-21はその例をモデル化したものである。巨大構造物は普通杭打ちあるいは井筒基礎工のうえに橋台、橋脚があって、それに架設された桁部は前後の取付道路をふくめ、路線としてなだらかな縦断曲線で設計されている。地盤沈下は圧密をうける地層の厚さに相関するので、普通基礎工を持つ構造物より前後の取付地盤は多く沈下し、建設時(a)(d)であったものは(b)、(e)の状態になる。このままでは供用目的の機能を保証する性能障害もあり、また河川の高水位との関係でも洪水被害の危険を生じるので、構造物は嵩上工事が加えられて、公共構造物としての信頼性の回復と余寿命の延伸がはかられる。大阪府においては昭和20年～昭和50年間に52橋<sup>2)</sup>を97億円の予算で復旧した。

このように企画、設計時代には社会活動の規模から公共施設・巨大構造物に破損・破壊を与える現象が表らわれていないか、あるいはこれらの現象が学問としては予知予見されているが、土木技術として普及していなくて対応が不十分であることがある。この課題は公共施設を担当する普通の技術者にはその対応策の欠如を攻めるわけにはいかない要素もあるが、公共施設としての供用のあり方、施設の社会的備品性、投資額の巨大さ等から企画時点に気配りしておかねばならない事柄である。



図-19

大阪市における累積沈下量、地下水位の経年変化図

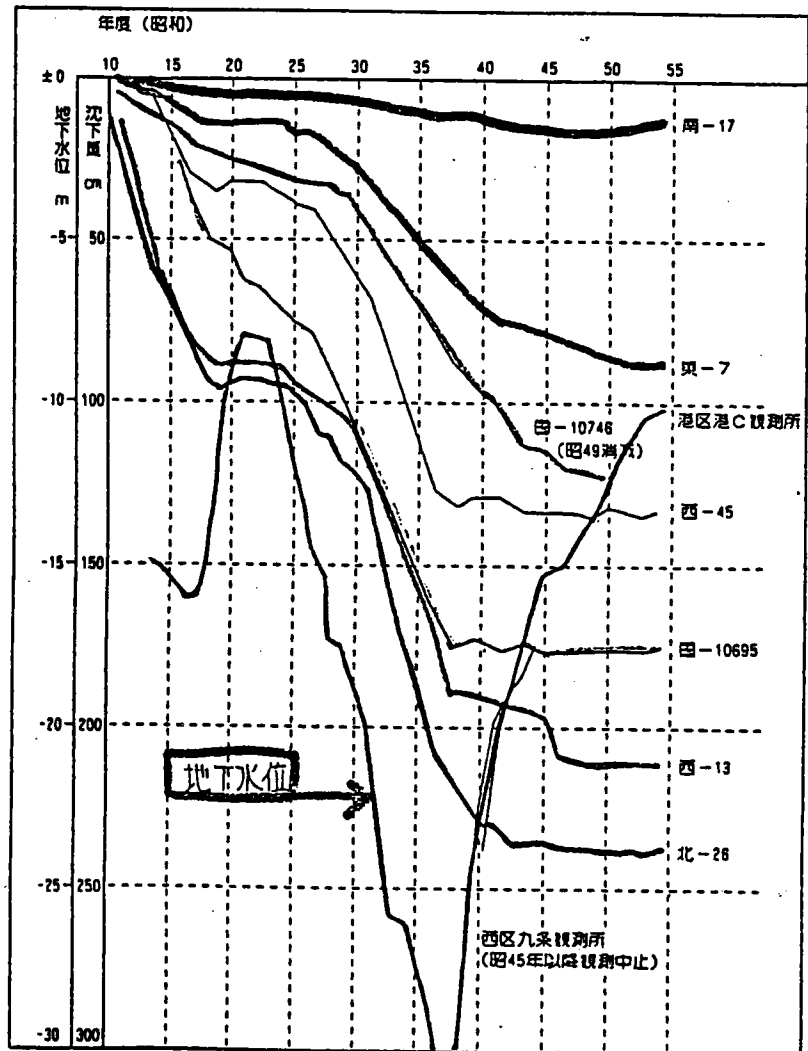


図-20 大阪市内における建築物用、工業用地下水採取量及び稼働井戸数

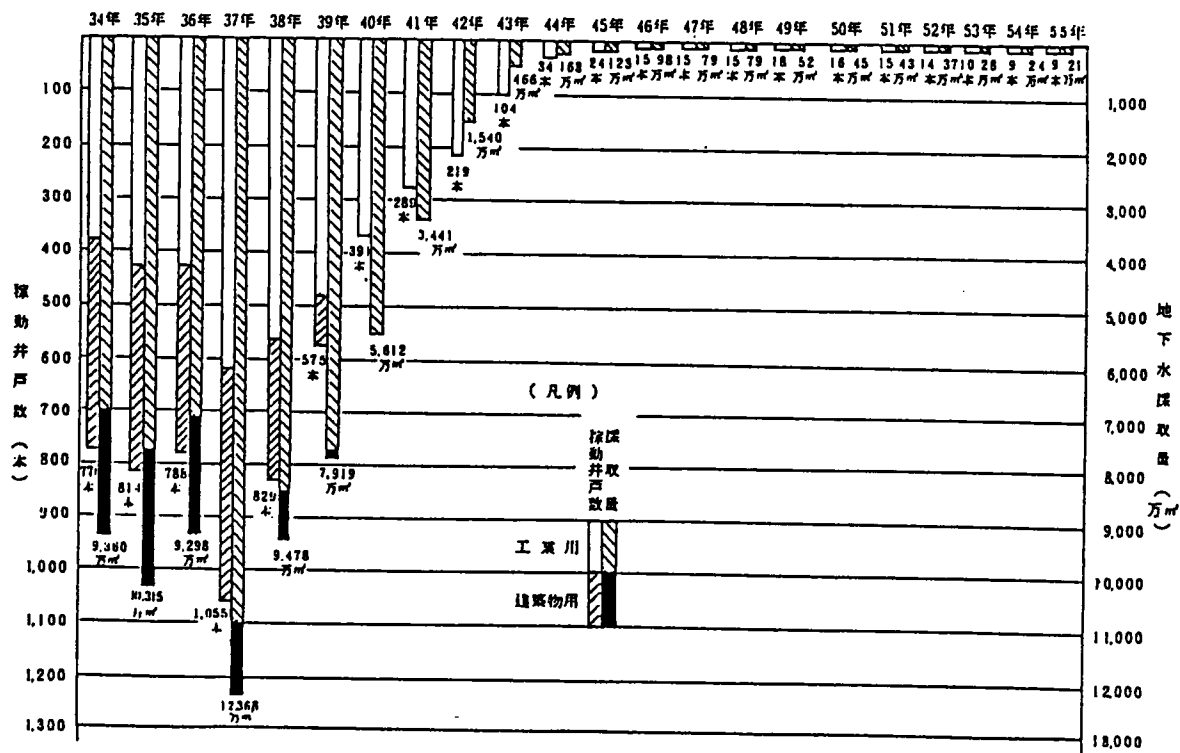
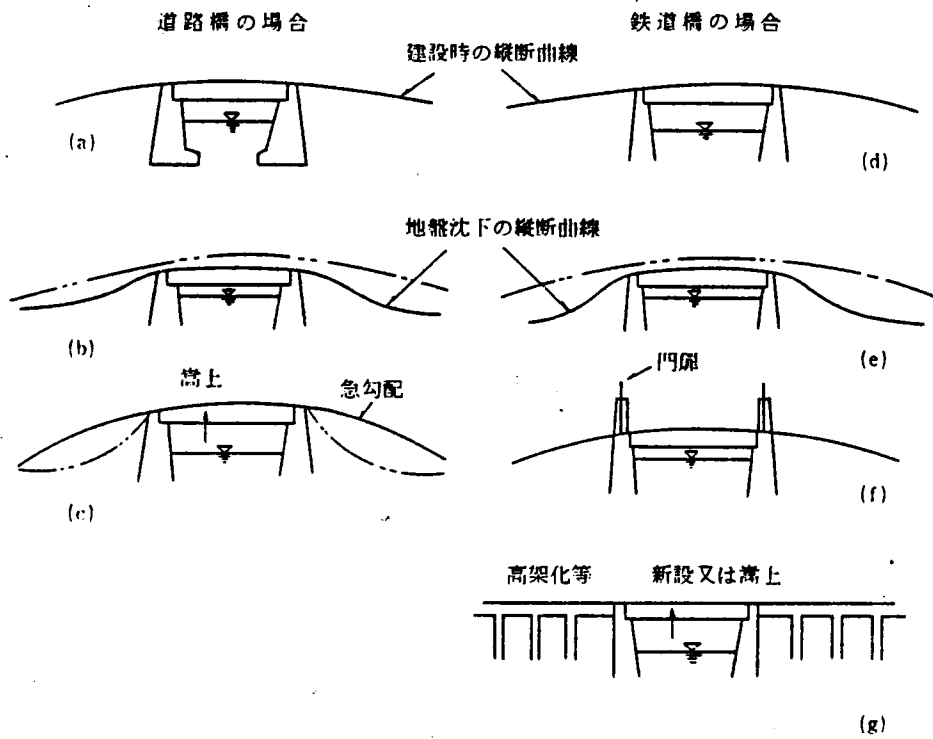


図3-21 地盤沈下による橋梁の機能障害と回復例



### 3-5 設計におけるモデル化

道路・鉄道のなかにふくまれる主要土木構造物は、その個別の建設場所における単品として計画される。また強度を確かめるに際しても、同一規模の実物体供試体に設計荷重を超える外力をかけた破壊検査法をとることはむづかしく、構造物の骨組の一部をとりだした挙動確認には上記の方法もとられるが、普通は構造物の挙動を表現しやすいSimulation Modelに置換し、机上計算あるいは模型実験によって安全性を確かめることが通常行なわれている。従って 実物構造物の計画にたいして挙動を正確に、忠実に表現する力学モデルを造らぶとともに、供用時及び構造物の存続期間における外力の実態を十分整理する必要がある。図3-22はその考え方をまとめたもので、公共施設としての巨大構造物では 中央太線で示した実物とSimulation Modelの双方の関係を照査するのが設計法になる。そのためには、自動車・列車などの（動的）外力を数値計算にのせるために、荷重を（静的）点、線、面などの形に写像し、構造部材の各部への最も危険な影響を表わす載荷状態を考える。一方構造物は線 面の単体あるいは立体骨組に置換し、構造物全体の挙動、あるいは部材の局部的に発生する現象を顕著に表現し 数値計算に写像しやすい形に置換することが第一歩である。

図3-22 構造物設計のモデル化

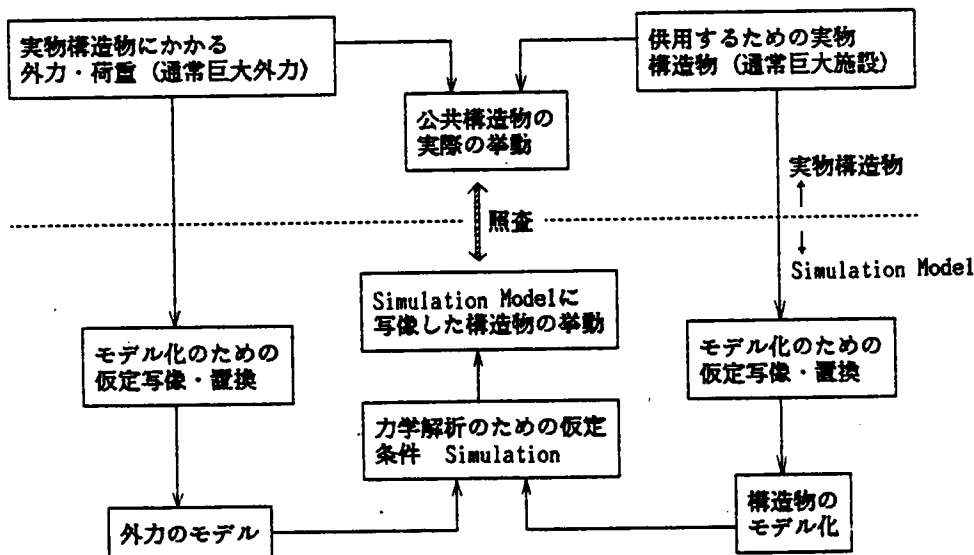


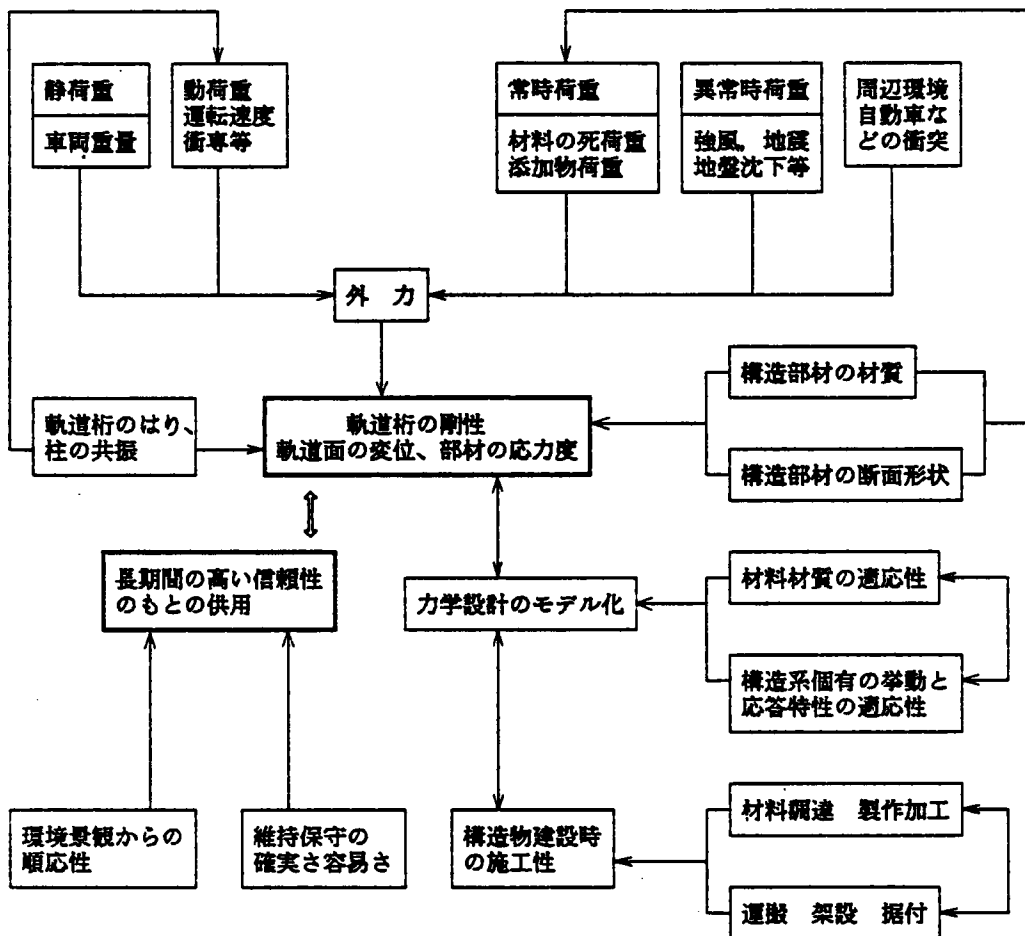
図3-23は大阪モノレールの軌道構造物の形式を選定したときの考え方をまとめたものである。第一義的  
目的は 運転の安全性で 清員乗客をのせた車両が、利用者へのサービス水準として求められる速度  
の運転をしたとき、これらのソフトからくる要求に負けない剛性を持ったハードの軌道路面を提供し、  
長い供用期間中に渡って安全運転が確保できるように維持保守の簡便なことである。このような特性  
をもっとも発揮しやすい軌道構造物を選定し、設計 建設することが求められる。その作業の段階に  
おける検討、照査の手順（Process）と、課題を分析の結果の構成要素の優先度（Priority）を考え  
ながら、要素の取捨選択（Select）をどのようにしていくかが基本的課題である。

Simulation Modelにおいて外力は人為的なものと、自然発生的なものに分けることができる。モノ  
レールの場合、前述したように道路交通とは異って車両の設計重量は車両自身の設計に用いられた値  
（下限値）と、車両を支える構造物にたいする設計値（上限値）は、軌道構造を企画した段階におい  
て明確である。また、乗客の将来の生活水準の高上によって求められる車両装置の追加は（客室の冷  
房、主電動機の回生制動等）、既存の鉄道車両からほとんど予想することができると考えられる。一  
方車体構成材料（鋼型材からアルミ合金による圧延型材による断面剛性の高上、走行機器類の軽量化、  
ユニット化等）はさらに開発され軽量化に向かう傾向があるといわれている。従って 人為的設計荷  
重は現行のもので固定して考えても 将来的な余裕をふくんでいと考えられる。

これにたいして道路橋の場合 ここに将来的な問題がひそんでいる。国際交易が盛んになって海上  
輸送の合理化が起爆となったコンテナ輸送はその顕著な例であった。また、産業機器の部品類は、  
軽・薄・短・少化の方向に進むと考えられるが、一方工場における部品類のユニット化等は進むであ  
ろうし、地域に備えつけられた重産業機器類は、維持補修のためにユニットがそのままの形で現場  
から工場輸送されるように進むであろう。（大型発電機本体・大型ポンプ本体等）さらに現在では主  
構の設計に 自動車交通量の確率混雑度から線荷重・等分布荷重による簡便計算法が採用されている  
が、それらの重量及び都市近郊における交通渋滞の実態 あるいは特定局地に大型造成工事が発生し  
たときの重量車の一時的集中発生と既存構造物の破損、破壊を考えたとき、構造物の固有特性と架橋  
地域との関係、建設投資額と供用にたいする社会的備品度等 公共施設としての多面性からの検討を  
加えなければならない。

異常時荷重としての強風は過去の地域統計を試らべることによって、構造物を破損、破壊に至らし  
めた強風風速を試らべることができる。また、風の恵吹きによる突風率（Gust factor）も指適され  
ているが、構造物の形状寸法による風下側に生ずる渦の発生と、この渦が起因して生ずる構造物の振  
動については、都市部で巨大ビルが林立している地域においては、ビルの隙間効果による風速の増加  
（都市風）の影響など新らしく注意すべき点で、とくに構造物の形状寸法・建設位置によっては不

図3-23 大阪モノレール軌道桁構造を検討するためのフロー



安定の問題として発展しやすい。

地震については構造物の供用年限と、地域における地震々度の確率的な考案から検討が加えられている。大阪地域では常時微動が少なく構造物利用者への心理的不安を与えることは稀であるが、人の感覚が鋭敏化する豊かな社会の将来的問題として構造物の応答が考えられるであろう。

地盤沈下については長い観測の結果 地下水の汲み上げと土粒層の圧密の因果関係が解明され、広域地域を対象とした場合、従前の地下水利用に交替した工業用水の供給が補償されるとともに、地下水汲み上げ規制の法規制とともに大規模のものは次第に治まっていくと考えられる。しかしながら構造物の下部上に隣接して新しい土中構造物を建設するために、被圧水の汲み上げが行なわれたり（大阪駅前ビル建設工事中における国道2号線の大規模陥没など）、古井戸の休止していた水筋が長

年に亘って回復したために、盛土が縦方向の陥没を生じること（昭和49年の東北鉄道泉ヶ丘の線路々<sup>3)</sup>床の陥没事故）等と、土層の被圧水の移動とこれに伴って生じる細粒子の流失など何時迄も予断を許さない問題も多い。

構造部材の断面形状とその材料材質について述べる。構造物の死荷重を軽減する目的では薄肉断面の組み立て部材が有利である。使用材料は材質のもつ機械的性質が安定していて、弾性限界内での応答であることが望ましい。材質にばらつきの多いもの、異方性によって著るしく性質が異なるもの（混合材木材の繊維方向等）また局部応力が残留するものは特別の配慮がいる。構造部材は力学計算モデルで用いた写像・置換仮定が忠実に守られている必要があり、部材の断面中心軸が構造格点を結ぶ中心軸に一致していて、余分の応力を発生させず、また部材断面の主軸はいたづらに回転変位（非対称曲げ応力度）や横方向変位（横座屈）を生じないで、ほど初等力学が成り立つための条件、仮設が常に守られていることが望ましい。もっとも薄肉断面の圧縮材は板自身の座屈安定の課題も大きい。以上材料を弾性学として取扱える範囲で述べたが、塑性、脆性域までの利用は必要であり、航空機、船舶をはじめエネルギー機器類から漸次土木構造物への適用性がさぐられていくものと考えらる。

設計のSimulation Model化についてSimulation Modelが第一義現象をよく表現するModelであるかについて述べた。それは実際の構造物と設計々算に用いたあるいは模型実験に用いたモデルの相似性、相似律が保証されているかの課題である。とくに縮尺模型による載荷実験では、模型製作の材料<sup>4)</sup>材質、計測可能なヒズミ、変位量等の精度が実際の構造物を写像したものであるかである。

<sup>5)</sup>例えば用水路における水の流れの運動方程式から

$$F = m \cdot a \quad (3.1)$$

$$〔力〕 = 〔質量〕 \times 〔加速度〕$$

とおき、

1. 力学的方程式の各項が次元的に等しいか否かの確かめ
2. 単位の変換から次元を試らべると上式は

$$〔F〕 = 〔M〕 \cdot \frac{〔L〕}{〔T^2〕}$$

となる。

いまある物理現象を規定するのに $n$ 個の変量 $A_1, A_2, \dots, A_n$ の間に

$$f(A_1, A_2, \dots, A_n) = 0 \quad (3.2)$$

の関係があるとして流動運動を規定する変量として

1. 流体の一部の幾何形状を定める量としての寸法〔L〕

2. 運動学的ならびに力学的特性を示す量として、たとえば平均流速  $v$ 、圧力増加  $\Delta p$  または圧力勾配  $\frac{dp}{dx}$

3. 流体の物理的性質を示す量として、たとえば

密度  $\rho$ 、単位重量  $w$ 、粘性係数  $\mu$ 、表面張力  $T$ 、弾性率  $E$

として、変量  $n$  個から基本量の数  $m$  個を差し引いた  $(n-m)$  個の無次元量を作ると物理現象を規定するための (3.2) は

$$\phi \left( \frac{a}{b}, \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{v^2}{\frac{\Delta p}{\rho}}, \frac{\left(\frac{v}{a}\right)^2}{\left(\frac{w}{\rho}\right)}, \frac{va}{\left(\frac{M}{\rho}\right)}, \frac{v^2 a}{\left(\frac{T}{\rho}\right)}, \frac{v^2}{\left(\frac{E}{\rho}\right)} \right) = 0 \quad (3.3)$$

(長さの比)  $(\pi)$   $(\pi)$  (無次元量) (フルード数  $Fr$ )、

(レイノズル数  $Re$ )、(ウェーバー数  $We$ )、(マフハ数)

と書きなおすことができる。

力学的相似性を保つ 2 つの流れにおいては (3.3) で示す無次元量が等しくならなければならない。この場合幾何学的相似性が要求される。次に 2 つの流れの長さ比を  $\lambda$  とするとフルード数を等しくするためには他の諸量は表 3-9 のようにならなければならない。

構造物の施工時には設計々算で用いた仮定を厳守することは勿論である。とくに細長い圧縮部材の軸心の直線性 (通り) と変位、断面主軸と重心軸との関係、不用意な軸の回転の禁止、衝撃力の発生の防止など組み立てられた後の構造物の挙動あるいは架設途中における部材の安定の問題もある。また施工業者の技術的資質もある。

維持保守については公共施設は供用しながら補修工事をほどこさなければならない例が多いので、維持保守が容易であることが原則である。また部材に何らかの欠陥が発生したとき外見的にその破損を大きくみせながら、しかも破壊が進行せず、補修時間を作ってくれることが望ましい。

以上のべてきたことは設計におけるモデル化についても写像にたいする多面性の探求を、完成後と施工中のすべてについて、過程における物事の重要度に評価を加えながら構造物の公共施設としての第一養目的の機能追求と、派生して生じた余機能の効果を配慮しながら計画、設計、施工を進めることが肝要である。



表 3-9 開水路における相似律表

	次元 LMF	Fr	Re	We	Ma
長さ	L	$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$
時間	$\left[ \frac{LM}{F} \right]$	$\lambda^{\frac{1}{2}} / \left( \frac{W_s}{\rho s} \right)^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^2 / \left( \frac{\mu s}{\rho s} \right)^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}} / \left( \frac{T_s}{\rho s} \right)^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}} / \left( \frac{E_s}{\rho s} \right)^{\frac{1}{2}}$
速度	$\left[ \frac{LF}{M} \right]$	$\lambda^{\frac{1}{2}} / \left( \frac{W_s}{\rho s} \right)^{\frac{1}{2}}$	$(\mu s / \rho s) / \lambda$	$(T_s / \rho s) / \lambda^{\frac{1}{2}}$	$(E_s / \rho s)$
加速度	$\frac{F}{M}$	$W_s / \rho s$	$(\mu s / \rho s)^2 / \lambda^2$	$(T_s / \rho s) / \lambda^2$	$(E_s / \rho s) / \lambda$
流量	$\left[ \frac{LSF}{M} \right]$	$\lambda^{\frac{1}{2}} (W_s / \rho s)^{\frac{1}{2}}$	$\lambda \cdot \mu s / \rho s$	$\lambda^{\frac{1}{2}} (T_s / \rho s)^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^3 (E_s / \rho s)^{\frac{1}{2}}$
圧力の強さ	$F / L^2$	$\lambda W_s$	$\mu s^2 / \lambda^2 \rho s$	$T_s / \lambda$	$E_s$
エネルギー	LF	$\lambda^4 W_s$	$\lambda \cdot \mu s^2 / \rho s$	$\lambda^2 T_s$	$\lambda^3 E_s$
運動量	$(LMF)$	$\lambda^{\frac{1}{2}} W_s \rho s$	$\lambda^2 \mu s$	$\lambda^{\frac{1}{2}} T_s \rho s$	$\lambda^3 E_s \rho s$

### 3-6 まとめ

社会における需要の分析を通じて、その量と質とから公共の福祉のために公共施設の種類の選定されるが、その施設の設計を論ずるにあたって、設計管理方針として整備水準を確立する必要がある。路線施設の道路・鉄軌道をトータルとしてみたとき、運用の需要目的と供給する施設の最適化の方法は、複雑多岐な形状をした多面体の内外部と考えることができる。多面体の外面の一つ一つの面積は需要の量と質を表現し、内面はその要求にたいする供給と考える。また内面から立方体の芯に向う円錐形台は供給する機能・強度である。これらの外面に底を持つ円錐形台はその多面体の内部では互に絡みあっていて、その特徴・特性はときには従属しときには排反の関係にある。従って、このような需要と供給の表現としての多面体をみたとき図3・24のようにまづ需要を整備の第一義目的としての本来機能、およびこの機能を発揮するために必ず具備しなければならない余剰施設と、これらの2つの目的施設が持つ副次機能・波及効果に分析し、その要因因子の優劣比較を先づ整理する必要がある。これらに分解分析された因子からみた場合、施設自身の特性が固有の専用目的と一般普及された汎用目的による取り組み方法の違い、あるいは規模・型式等々の主要因のどれを第一義とするかによって整備水準意識を考える。

以下これらの整備水準にたいし公共施設の公共性のための機能と強度保証のあり方を、完成時点ばかりでなく、建設施工の各階段において、本来機能・余剰施設が二次的にもつ機能・それらの双方が組み合さって生まれる副次機能・波及効果とそれぞれの相乗効果を期待しながら、施工中の各段階に遭遇する現象と構造部材の挙動・応答を注意深く見守る必要がある。また、公共土木構造物の建設に際して安全性を確めるのは通常は部材の非破壊検査によるので、設計に関するSimulation Modelのとり方には特別の注意が必要である。

以上の記述を整理しまとめると次のようになる。

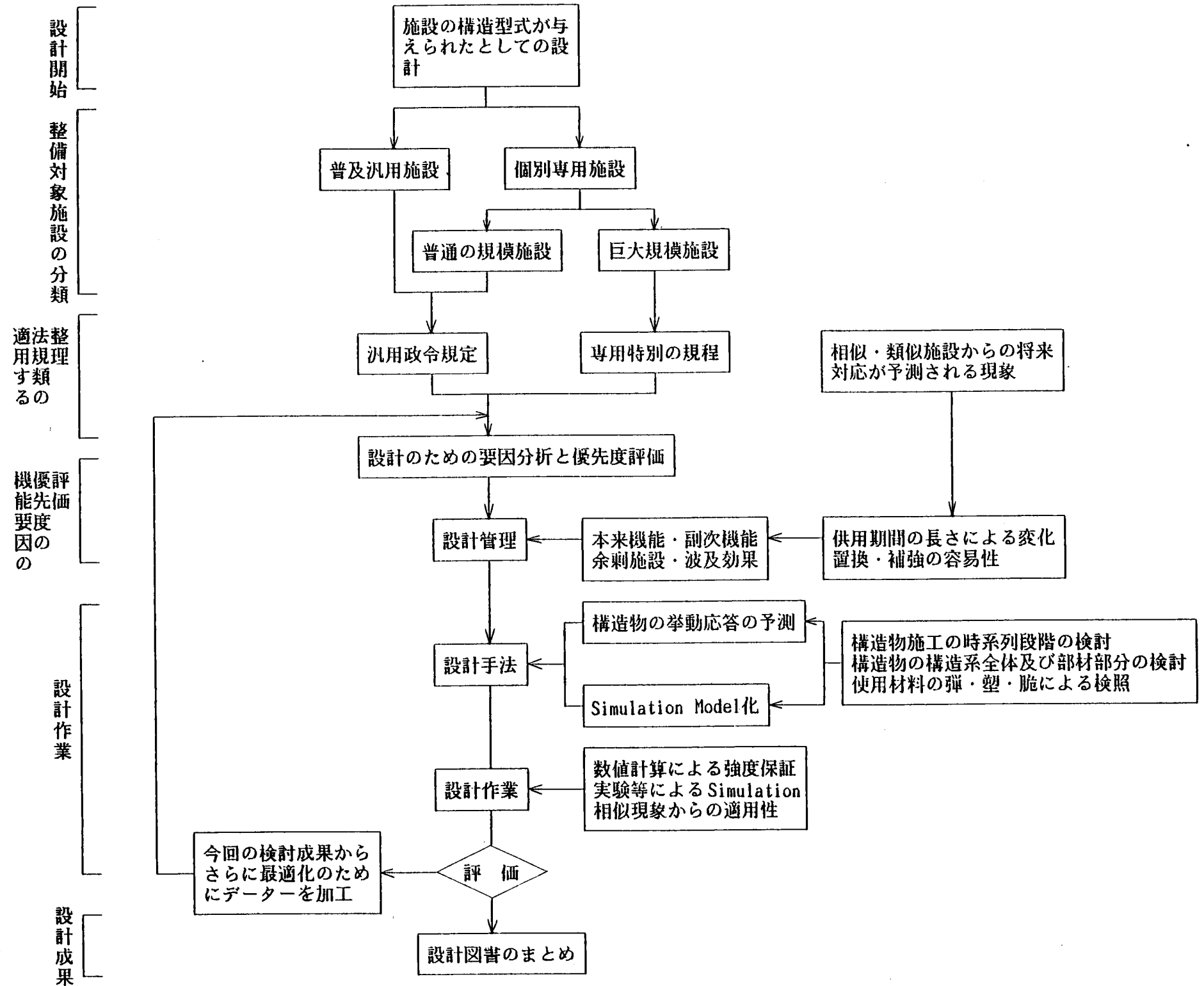
1. 計画策定論において決められた公共施設の整備水準を決めるにあたって、現代の時代で考慮検討される需要の量と質のそれぞれを一つの面積とし、これらの面積群を表面にする多面体と想定する。これら表面は多種の需要を表現しているが、優先度比較によって第一義目的からその一つの面の面積比率に応じて順序を考え、その順序に従って供給施設の最適化を考える。
2. 第一義目的の供給施設について、本来目的、これを発揮するために必要な余剰施設、及びそれらの持つ副次機能と波及効果に分けて検討する。
3. 第一義目的に続くそれ以外の供給施設のあり方についても、多面体の表面を底とする円錐形のそれぞれについて同様のことを検討する。
4. 施設各部分が持つ機能は第一義の本来目的に従属・排反効果を表すものがあり、これらの要

- 因相互の関係を十分整理し、施設のトータルとしての協力を検討する。
5. 路線型公共施設にふくまれる土木構造物には機能と強度保証の2通りが求められる。
  6. 土木構造物の種類によっては強度論が先行する場合が多い。
  7. 強度論からみた公共施設の設計荷重基準値には汎用性を法律で定めた規定と、専用運用から施設管理者に選択性を許した規程がある。
  8. 規定を超過して載荷するときは管理者に届出てその許可を得なければならない。もし許可なく使用して公共施設を破損・破壊に至らしめたときは、国家賠償法が適用される。この思想は人類の歴史とともに集団社会に定着している。
  9. 本来機能を保証するための余剰施設は、類似施設では、類似のものを備えている。
  10. 土木構造物は建設施工の各段階においては、構造部材の力学系が異なるので、以上の各項について時系列的に詳細に検討が要る。
  11. 土木構造物の実物の機能・強度の確認は、非破壊試験によることが多いので、設計管理にあたってSimulationには特に注意を払う。
  12. Simulation Modelと実物との相似律の次元は長さ、運動量、エネルギー等等で、外観形状のみで論じられないことが多い。とくに使用する材料材質の特性、応力度の弾・塑・脆性の交域、挙動と応答の表現法・とくに構造物の共振等と、Simulationにあたっての適確な相似性を用いることに注意をはらう必要がある。
  13. 公共施設の設計論を論じるにあたって、以上のような流れを基本システムとし、各々の要因の内容の解析と優劣比較の評価・判定を加え、得た結果を改めて、原システムにおける要因分析に加えるとReviseによる新らしい最適化システムに蘇る。この作業を繰返すと、何時もUp to dateなRenewalされた最適化のためのSystemを得ることができる。

### 第3章 参考文献

- 1) AASHO : Highway Capacity Manual と日本道路協会編 ; 道路構造令 とその解説
- 2) 大阪府土木部都市河川課 ; 大阪高潮対策概要
- 3) 岡 尚平 ; 橋の経済性の使命 橋梁と基礎 76-3  
昭和51年
- 4) 岡 尚平 ; 橋梁の各種事故例と対策 理工図書  
昭和45年
- 5) 米元 卓介他 ; 水理学例題演習 コロナ社 昭和46年

図3・24 構造物の設計論を考えるにあたっての要因流れ図





#### 4 公共構造物の機能劣化を防ぐための配慮点

##### 4-1 公共構造物の計画・設計段階における配慮点

路線型公共施設としての道路・鉄軌道にふくまれる土木構造物の整備目的を本来目的、余剰施設、副次機能、及び波及効果の4つの主要因にわけたとき、その第一義目的の遂行は構造物の整備水準として 載荷荷重の走行にたいする運用機能と耐力強度の2要因であることを述べてきた。そして 土木構造物は固定施設であるものの、その対象物が社会資本としての重要度、施設規模の巨大性 供用期間の長さ 地域の変化変遷への支配度によって、重要本体構造物と、社会資本の本来機能を補完補強する附属物としての軽易構造物にわけられる。前者は道路橋・鉄道橋の本体構造自身であり、後者は道路の運用機能を補強するための道路案内標識板とその懸架柱構造などである。

これら2種類の土木構造物自身の整備目的によって 整備水準の要因相互の優先度は大きく異っているが、その計画と設計管理システムについては図4・1に示したように同様であって、投資資金の効率化からみると相似・類似構造物のそれにたいするシステム分析と構成を基本に、その後に加えた研究・検討要因をふくめた Renewal Systemの流れ図となる。前章で述べたように 整備目的とその水準が整理された後の設計計画として、土木構造物の普及型として標準図集等の取り扱い要領図書を完備して、その多種類の提案から目的にあった図集を選択するとか、いくつかの主要因を入力すると標準汎用型の図集が出力できるシステム設計が完成普及しているものもある。しかし、それらの標準図集などの取り扱い法が定着するのには 個別特性の機能を供給することから始まるので、ここでは個別設計型を中心に議論を展開する。

土木構造物の計画・設計に際しては図4・1のように整備水準を整理し その目的意識を再認識しなおしてみることから始まる。そのためには これから整備する施設の社会資本としての将来にたいする供用期間中をふくめての備品度の評価がある。公共施設建設は何等かの形態の公共資金が投下されるので、一般には計画時点において機能・強度の設計基準値が示されていることが多いが、長い供用期間の間には複雑多岐な影響と、社会の近代化による波をうける。これらの影響にたいして 施設の補強・回生・更新・交換等の対応策が検討されていなければならない。

このような影響もふくめ 再度施設構造を想定しながら、改めて 本来機能と必要最小限の余剰施設の組み合わせ、それによる構造物としての本来機能と副次機能を評価し さらに波及効果について 最小の投資額で最大の効果を得る最適計画・設計管理手法の要因分析が行なわれる。その主要なものとしては、これらの諸要因の優劣比較と評価判定をふくめてどのような資質と技術力を持った人を担当責任者として選ぶかが重要である。その後は担当技術者によって該当する基準数の整理、相似類似

图 4.1

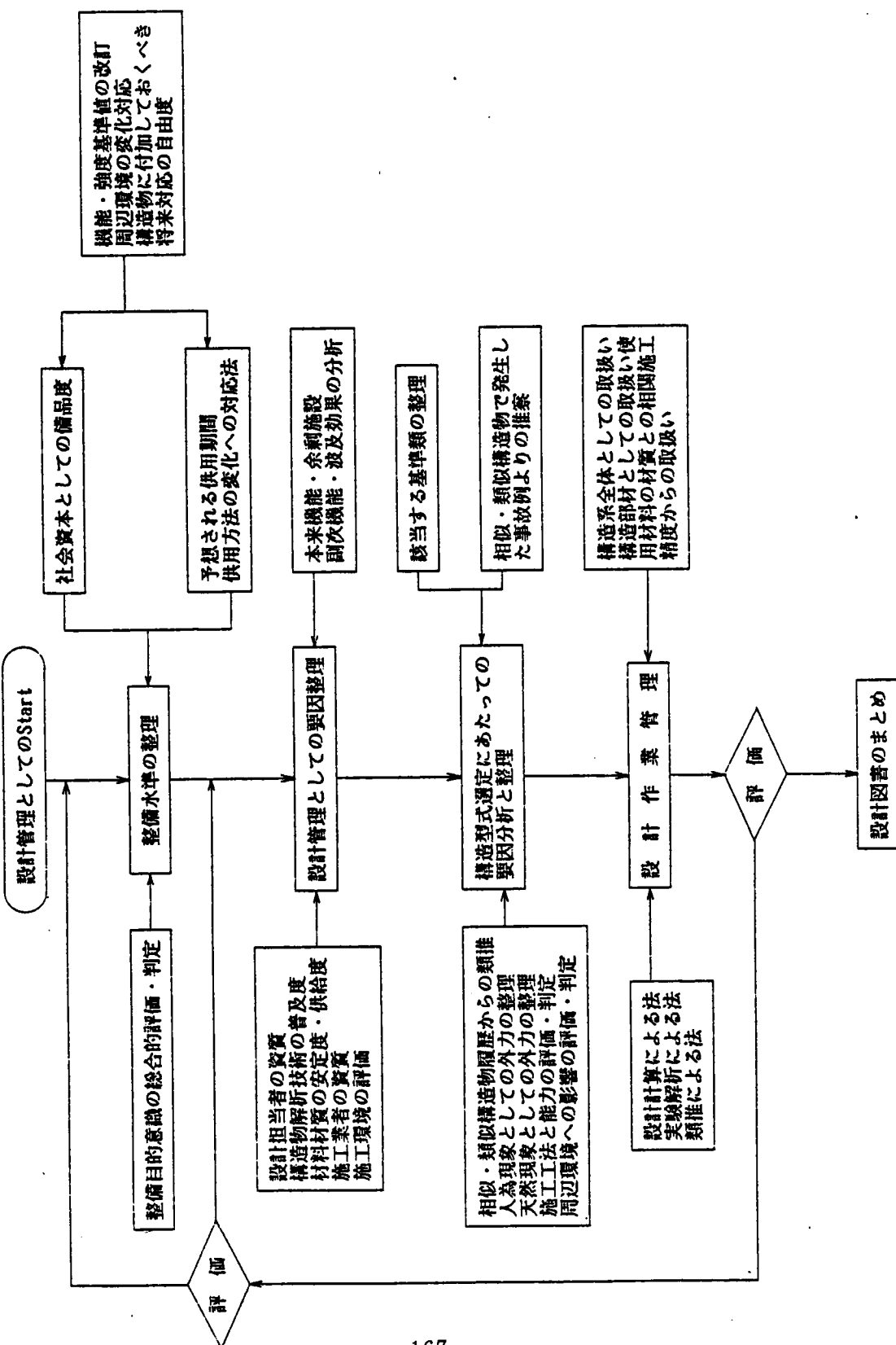
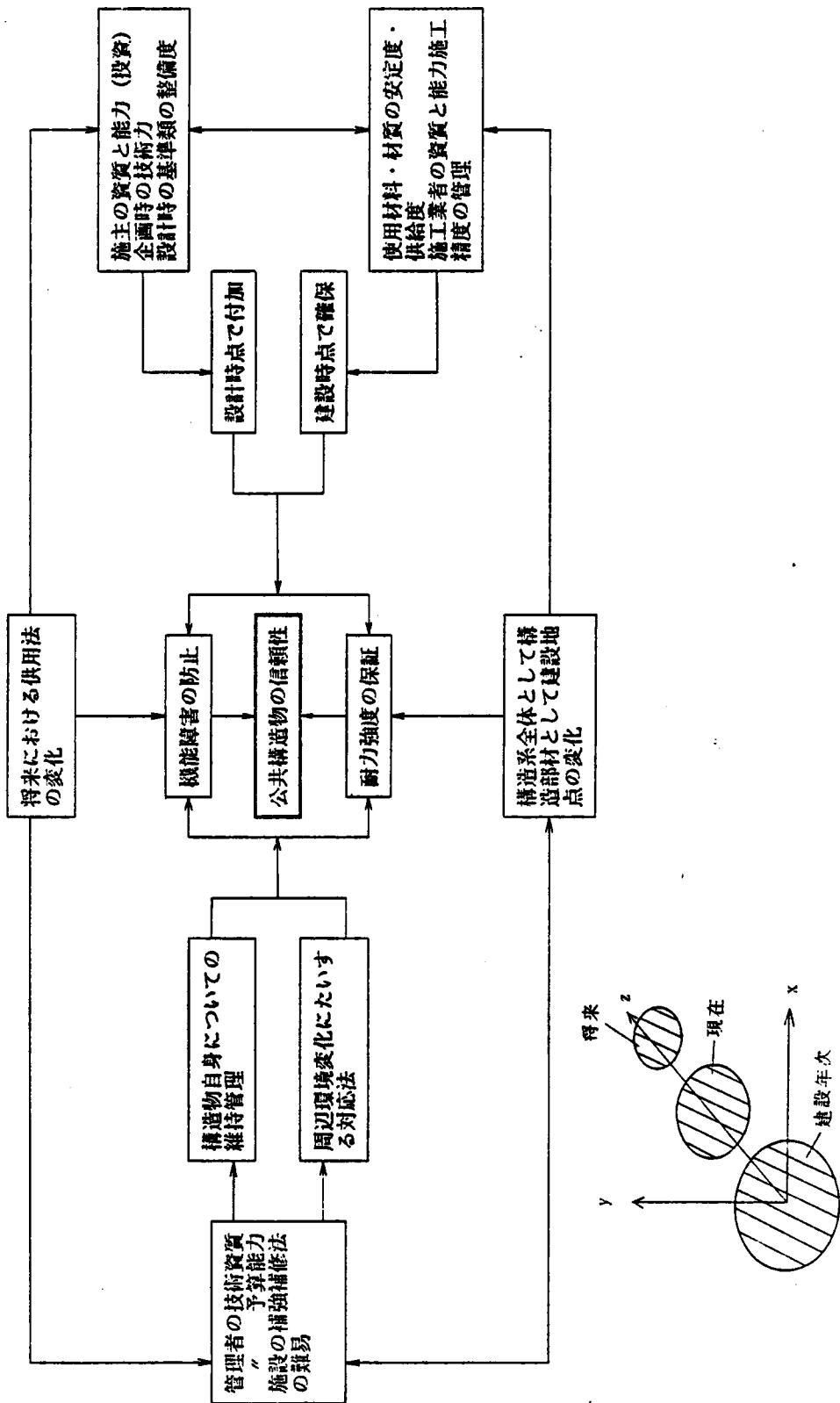




図4・2 公共構造物の信頼性保証のための要因相関図

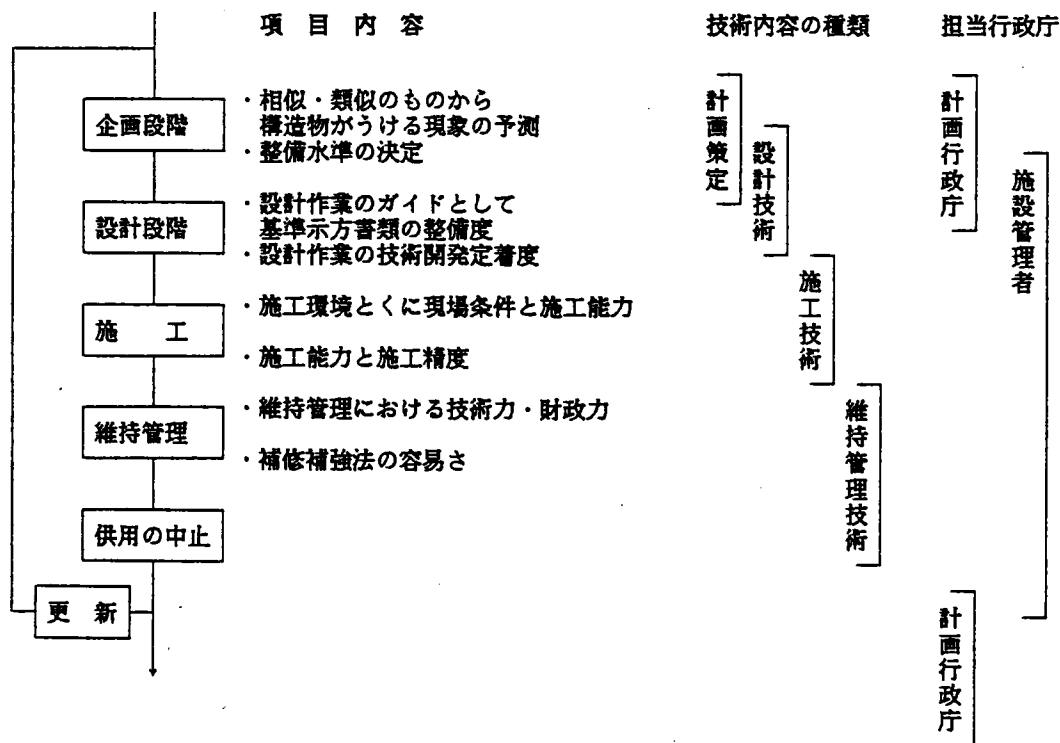


の施設から推察される人為的及び天然現象としての外力の整理、施工精度と施工業者能力との相関にする構造物の複雑さと 施設を建設することによる周辺地域への好悪評価をふくめての環境判定がされて設計作業に入る。

いま建設時点における公共構造物の供用法にたいする信頼性保証の要因として図4・2の通りに機能障害の防止と耐力強度保証の2要素をとりあげると、建設を実行する施主の財政力をふくめたゆとりのある能力が先づ問われるが、政令などで整備計画水準が定められているとすると、この基準規定値を満足するだけの公共投資を行うことが同時に承認されたともいえる。従って、建設年次にどれだけの基準・取扱い示方書類が完備していたかが第一段階である。

土木構造物のライフサイクルを考えた場合 表4・1の通り時系列的に企画・設計・施工・維持管理の各段階があって、それらを説明する技術種別は 計画策定論を行政庁が担当し設計・施工・維持管理技術を担当するのは施設管理者である。これらの作業は時代経過によるRecycle である。

表4・1 時系列段階における技術内容と担当



次に発表されている示方書類の内味 について概論してみたい。法的解釈の水準は、法律、政令、省令、通達による規定、規則、規程 によって 必ず守ることを義務付けたもの、適用を原則とするもの、努力目標等異なる。また 法律法規となったもの、今後法律法規に繰り込まれる予備軍的なもの（例えば 日本道路協会編集）、企業体が自己の方針を明らかにしたもの（例えば 公団公社によるもの）学会が学術振興のために発表したもの（土木学会発行）、法人による振興協会が発表したもの（モノレール協会による設計示方書等）が重複混在しているので、一概にその公共的位置付の評価<sup>1)</sup>判定を決めつけることはむずかしいが、設計・施工・維持管理にたいする刊行物の比率は表4・2のとおりである。

これらの刊行物の取り扱いとして構造物にたいする各段階で技術内容・開発性 構造物の力学系について格一的検討が加えることは、質と量の違いがあるので、結論を導くには いささか早計の感じをまぬがれないが、この表でみる限り 建設時点の示方書にたいして 維持管理に関するものが少ない<sup>1)</sup>といえる。さらに表4・4にアメリカ、イギリス、西ドイツの橋梁・鉄骨に関する主なスペックを掲げているが、全体として量が少いことに気付くともに、標題からみて莫然と内容を推察するのみで質については言及できないが、おそらくは 国民性までを反映しているのではないかと考える。

表4・2 わが国で既発表の示方書数とその内容

	編数	設計 %	施工 %	維持 %	計 %
道路橋に関するもの	42	78.6	21.4	2.4	102.4
鉄道橋に関するもの	8	62.5	37.5	—	100
その他橋種に関するもの	8	50.0	50.0	—	100
道路コンクリート構造物の主なスペック	16	81.3	6.3	12.5	100
国鉄コンクリート構造物の主なスペック	16	25.0	50.0	25.0	100
コンクリート構造物の共通的なスペック	13	84.6	46.2	7.7	138.5
国内の鉄骨に関する主なスペック	15	53.3	60.0	—	113.3
国内の水門・水圧・鉄管のスペック	9	77.8	11.1	11.1	100
計	27	66.9	32.3	7.1	106.3
編 数	127	85	41	9	135

一編の示方書中、内容の重複は複数面に数えたので計欄の編数も多く、  
%も100.0 を越えている。

表 4—3 わが国の示方書の題目と内容

## (a) 道路橋に関するもの

名	称	発行年月 (西暦)	発行機関	設計	製作 架設	維持 保守
(道路橋に関する一般的なもの)						
道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編)		1980. 2	日本道路 協会	○		
道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)		1980. 5		○		
道路橋示方書・同解説 (Ⅴ耐震設計編)		1980. 5		○		
道路橋景観便覧 (橋の美)		1977. 7		○		
道路橋景観便覧 (橋の美Ⅱ)		1981. 6		○		
鋼道路橋設計便覧		1980. 8		○		
鋼道路橋施工便覧		1972.10			○	
道路橋補修便覧		1979. 2				○
道路橋支承便覧		1973. 4		○		
道路橋支承便覧 (施工編)		1979. 2			○	
鋼道路橋塗装便覧		1979. 2			○	
道路橋伸縮装置便覧		1970. 4		○		
(公団・公社の代表的なもの)						
設計要領第2集		1980. 4	日本道路 公団	○		
鋼構造物設計基準		1981. 9	首都高速 道路公団	○		
構造物設計基準第2部		1980. 4	阪神高速 道路公団	○		
鋼構造物設計基準・同解説		1976. 6	名古屋 高速道路 公社	○		
鋼構造設計基準		1982. 1	福岡北九 州高速 道路公社	○		
(本州四国連絡橋公団のもの)						
上部構造設計基準・同解説		1980. 6	本州四国 連絡橋 公団	○		
下部構造設計基準・同解説、仮設物設計指針		1977. 3		○		
耐風設計基準 (1976)・同解説		1976. 3		○		
耐震設計基準・同解説		1977. 3		○		
吊橋主塔設計要領 (案)・同解説		1980. 3		○		
吊橋主塔の塔頂強構造設計要領 (案)		1977. 3		○		
トラス格点設計要領 (案)		1976. 3		○		
鋼床版設計要領 (案)・鋼床版現場溶接 施工基準 (案)		1978. 3		○	○	
ケーブルアンカー設計要領 (案)		1974. 2		○		
ハンガー設計要領 (案)		1978. 3		○		
ケーブルバンド設計要領 (案)		1978. 3		○		
道路鉄道併用吊橋のリンク支承構造設計製作指針		1976. 3		○	○	
鋼設置ケーソン設計要領 (案)		1979. 2		○		
多室型緩衝工の設計要領 (案)		1980. 3		○		
複合材型緩衝工の設計要領 (案)		1981. 3		○		
鋼橋等製作基準・同解説		1977. 3			○	
鋳鋼品製作基準・同解説		1980. 3			○	
鋼橋等塗装基準・同解説		1980. 3			○	
鋼上部構造用鋼材選定要領 (案)		1973. 9		○		
鋼上部構造用鋼板規格の解説		1979. 3				
HBS 鋼材規格		1978.10		○		
HBS ケーブル材料規格		1979. 6		○		

名 称	発行年月 (西暦)	発行機関	設計	製作 架設	維持 保守
HBS 塗料規格	1980. 3			○	
摩擦接合用防錆処理高力ボルト・六角ナット・ 平座金のセット暫定規格	1976. 2		○		
風洞試験要領 (1980) ・同解説	1980. 6		○		

(b) 鉄道橋、その他に関するもの

名	称	発行年月 (西暦)	発行機関	設計	製作 架設	維持 保守
〔鉄道橋に関する代表的なもの〕						
建造物設計標準 (鋼鉄道橋) 解説		1974. 4	「鋼鉄道 橋設計標 準解説」 として 土木学会	○		
建造物設計標準 (鋼コンクリートの合成鉄道橋) および解説		1974. 4		○		
全国新幹線鋼建造物設計標準		1974. 4		○		
耐震設計指針 (案) 解説		1979. 9	日本国有 鉄道	○		
鋼鉄道橋 (JRS05000-1)		1981. 9		○		
橋げた類品質管理要求事項 (JRS05000-7)		1981. 9			○	
品質管理要求共通事項 (JRS99000-2)		1977. 8			○	
土木工事標準示方書		1969. 3			○	
〔その他の橋種に関するもの〕						
専用橋の設計 (基準・標準) 第2版 (B80.50)		1971. 1	日本電信 電話公社	○		
専用橋の製作と架設第1版 (C52.60)		1971.12			○	
水管橋設計基準 (WSP007)		1981. 3	日本水道 鋼管協会 日本道路 協会 港湾荷役 機械化 協会	○		
水管橋工場仮組立及び現場架設基準 (WSP027)		1979. 8			○	
水管橋外面塗装基準 (WSP009)		1979. 1			○	
立体横断施設技術基準・同解説		1979. 1			○	
フェリー用可動橋仕様書の標準と同解説		1973. 3		○		
〔橋種に関係ないもの〕						
鋼構造架設設計指針		1978. 5	土木学会		○	

(c) 道路コンクリート構造物の主なスペック

名 称	刊行年 (西 暦)	利 行 機 関	設計	施工	維持
道路構造令	1970	政令32号	○		
同上解説と運用					
道路土工指針					
土質調査指針, 施工指針, 軟弱地盤対策指針, 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針	1977		○		
排水工指針, のり面と斜面安定工指針	1979		○		
道路橋示方書・同解説					
I. 共通編, III. コンクリート橋編	1978		○		
I. 共通編, IV. 下構造物	1980		○		
V. 耐震設計編	1980	日本道路協会	○		
道路維持修繕要綱	1978				○
道路橋支承便覧	1972		○		
同上, 施工編	1979			○	
道路橋伸縮装置便覧	1972		○		
道路橋補修便覧	1979				○
防護柵設置要綱	1972		○		
プレストレストコンクリート道路橋施工便覧	1972		○		
立体横断施設技術基準および道路標識設置基準	1978	建 設 省	○		
道路照明施設設置基準	1967	建 設 省	○		
セメントコンクリート舗装要綱	1980	日本道路協会 建設省道路局 企画課	○		
改訂道路技術基準通達集	1981	監修, 御ぎょうせい発行			

## (d) 国鉄コンクリート構造物の主なスペック類

区分	名 称	刊行年 (西 暦)	刊 行 年	設計	施工	維持
計 画 に 関 す る も の	日本国有鉄道法	1948	法律256	○		
	全国新幹線鉄道整備法	1970	法律71	○		
	日本国有鉄道建設規程	1949	運輸省令	○		
	新幹線鉄道構造規則	1964	運輸省令	○		
	規程等管理規程	1964	総裁達15	○		
	設備投資管理規程	1970	経理達11	○		
	設備投資基準規程	1971	経理達19	○		
	部外関連工事等管理規程	1964	総裁達18	○		
	線路管理規程	1964	総裁達17	○		
	線路基本構造基準規程	1964	施設・建	○		
	新幹線線路基本構造基準規程	1969	施設・建	○		
	構造物管理規程	1964	総裁達18	○		
	建造物基本構造基準規程	1965	建設・施	○		
	新幹線建造物基本構造基準規程	1966	建設・施	○		
設 計 に 関 す る も の	建造物設計基準規程	1970	施・建・	○		
	建造物設計標準	1970	施士達12	○		
	全国新幹線網構造物設計標準	1972	施士達18	○		
	国鉄建造物設計標準解説	1974 (改訂中)	土木学会	○		
施 工 に 関 す る も の	工事管理規程	1964	総裁達18		○	
	土木建築関係工事示方書基準規程	1966	施・建・		○	
	土木工事標準示方書	1947	達265		○	
	工事監督しゅん功検査基準規程	1969	施・管16		○	
	土木工事監督標準	1964	施工・建		○	
	設備監査基準規程	1978	札施工32		○	
		1975	施・建・		○	
	経理管理規程	1964	・自達3		○	
保 守 す る も の 関 の	契約事務基準規程	1966	総裁達16 経達1		○	
	建造物統計報告等基準規程	1965	施設・建			○
	建造物検査基準規程	1964	施設達6			○
	建造物検査標準	1965	施士694			○
	固定財産管理事務基準規程	1966	経達23			○

(e) コンクリート構造物の共通的な主なスペック

名 称	発行年 (西 暦)	刊 行 機 関	設計	施工	維持
コンクリート標準示方書 (昭和49年制定, 55年版)	1980	土 木 学 会	○		
無筋および鉄筋コンクリート標準示方書					
舗装コンクリート標準示方書					
ダムコンクリート標準示方書					
土木学会基準					
鉄筋のガス圧接工事標準仕様書					
プレストレストコンクリート標準示方書	1978		○		
太径鉄筋 D51を用いる鉄筋コンクリート構造 物の設計指針	1977		○		
海洋コンクリート構造物設計施工指針 (案)	1977		○	○	
高炉スラグ砕石コンクリート設計 施工指針 (案)	1978		○	○	
膨張コンクリート設計施工指針 (案)	1979		○	○	
高強度コンクリート設計施工指針 (案)	1980		○	○	
亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの 設計施工指針 (案)	1980		○	○	
鉄筋継手指針 (案)	1982			○	
トンネル標準示方書 (山岳編)	1977		○		
トンネル標準示方書 (シールド編)	1977		○		
コンクリート構造の限界状態設計法試案	1981		○		
土木製図基準	1976	日本コンクリート 工学協会 日本規格協会			
コンクリートのひびわれ調査・補修指針	1970				○
各種のJIS 規格					

注：上表のほか、設計例および各種のPC工法に対する設計施工指針 (案) が土木学会から  
刊行されている。



## (f) 国内の鉄骨に関する主なスペック

名 称	発行年月 (西暦)	刊 行 機 関	設計	施工	維持
構造計算指針・同解説	1981. 2	日本建築センター                日本建築学会	○		
鋼構造設計規準	1973. 5		○		
塔状鋼構造設計指針・同解説	1980. 9		○		
鋼管構造設計施工指針・同解説	1980. 2			○	
軽量形鋼構造設計施工指針・同解説	1974.10			○	
鋼構造塑性設計指針	1975.11		○		
鋼構造座屈設計指針	1980. 9		○		
高力ボルト接合設計施工指針	1973. 2		○		
溶接工作規準Ⅱ・同解説	1980. 7			○	
溶接工作規準Ⅴ・同解説	1971. 4			○	
溶接工作規準Ⅶ・同解説	1975. 5			○	
溶接工作規準Ⅸ・同解説	1978.11			○	
鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査基準・同解説	1979. 8			○	
鉄骨工事技術指針・同解説	1979. 4			○	
疲労設計指針 (JSS IV 02)	1974. 5	日本鋼構造協会	○		

## (g) 国内の水門・水圧鉄管に関する主なスペック

名 称	発行年月 (西暦)	刊 行 機 関	設計	施工	維持
建設省河川砂防技術基準 (案)	1977. 8	日本河川協会	○		
土地改良事業計画設計基準	(調査編) (計画編)				
	(分冊に より異 なる)	農業土木学会	○		
発電用水力設備に関する技術基準を定める 省令	1965. 6	通商産業省	○		
	( 1978.12)				
発電用水力設備に関する技術基準の細目を 定める告示	1965. 6	水門鉄管協会	○		
	( 1978.12)				
水門鉄管技術基準付解説	1981.11		○		
同技術基準水門扉検査要領 (案)	1977. 9			○	
同技術基準水門扉管理要領	1977. 9				○
同技術基準水圧鉄管解説追補	1974. 6		○		
同技術基準水圧鉄管解説追補分岐管	1978. 2		○		

注：発行年月欄の ( ) の内は改正年月を示す。

図3・3

アメリカ合衆国の橋梁，鉄骨に関する主なスペック

名	称	発行年 (西暦)	発行機関
【橋梁および橋梁，鉄骨に共通なもの】			
Standard Specifications for Highway Bridges,	12th Edition	1977	AASHTO
Standard Specifications for Movable Highway	Bridges	1978	
Standard Specifications for Transportation	Materials and Methods of Sampling and Testing	1978	
Standard Specifications for Welding of Structural	Steel Highway Bridges	1977	
Guide Specifications for Horizontally Curved	Highway Bridges	1980	
Guide Specifications for Fracture Critical	Non-Redundant Steel Bridge Members	1978	
Construction Manual for Highway Bridges	and Incidental Structures	1973	
AASHTO Bridge Maintenance Manual		1975	
Manual for Maintenance Inspection of Bridges		1978	
Manual for Railway Engineering Chapter 15	Steel Structures - Specifications for Steel	1981	AREA
Railway Bridges			
Standards (Annual Book of ASTM Standards)		1982	ASTM
ANSL/AWS D1.1 Structural Welding Code Steel		1982	AWS
【鉄骨に関するもの】			
Code of standard Practice for Steel Buildings	and Bridges	1976	AISC
Specification for the Design, Fabrication and	Erection of Structural Steel for Buildings	1978	
(with Commentary)			
Specification for Structural Joints Using ASTM A325	or A490 Bolts	1980	AISI
Specification for the Design of Cold-Formed	Steel Structural Members	1980	
Manual for Structural Applications of Steel	Cables for Buildings	1973	

注：Standard Specifications for Highway Bridges, 13th Edition  
1983 年に発行される予定である。

イギリスの橋梁，鉄骨に関する主なスペック

名	称	発行年 (西暦)
【橋梁および橋梁，鉄骨に共通なもの】		
BS 153	Steel Girder Bridges	1972
BS 4 360	Specification for Weldable Structural Steels	1979
BS 4 604	The Use of High Strength Friction Grip Bolts in Structural Steelwork, Metric Series	
	Part 1 General Grade	1970
	Part 2 Higher Grade (Parallel Shank)	1970
	Part 3 Higher Grade (Waisted Shank)	1973
BS 5 135	Metal-Arc Welding of Carbon and Carbon Manganese Steel	1974
BS 5 400	Steel, Concrete and Composite Bridges	
	Part 1 General Statement	1978
	Part 2 Specification for Loads	1978
	Part 3 Code of Practice for Design of Steel Bridges	1982
	Part 5 Code of Practice for Design of Composite Bridges	1979
	Part 6 Specification for Materials and Workmanship, Steel	1980
	Part 9 Code of Practice for Bearings	(準備中)
	Part 10 Code of Practice for Fatigue	1980
CP 117	Composite Construction in Structural Steel and Concrete	
	Part 1 Simply-Supported Beams in Building	1965
	Part 2 Beams for Bridges	1967
	【鉄骨に関するもの】	1969
BS 449	The Use of Structural Steel in Building	
	Part 2 Metric Units	
CP 3	Code of Basic Data for the Design of Building. Chapter V Loading	
	Part 1 Dead and Imposed Loads	1967
	Part 2 Wind Loads	1972

西ドイツの橋梁、鉄骨に関する主なスペック

名	称	発行年 (西 暦)
(橋梁および、橋梁、鉄骨に共通なもの)		
DIN 1000	鋼構造物の施工	1973
DIN 1072	道路橋および歩道橋の設計荷重	1967
DIN 1073	鋼道路橋の計算基準	1974
DIN 1076	道路橋および歩道橋の監督および検査の指針	1959
DIN 1079	鋼道路橋の構造設計基準	1970
DIN 4101	溶接鋼道路橋の計算および構造	1974
DIN 4114 T1	鋼構造、安定問題 (棒座屈、横倒れ座屈、板座屈) の計算基準	1952
DIN 4114 T2	鋼構造、安定問題 (棒座屈、横倒れ座屈、板座屈) の計算基準の解説	1953
DIN 17100	一般構造用鋼の等級規定	1980
DIN 18800 T1	鋼構造の計算および構造	1981
DIN 18800 T2	鋼構造の安定問題、棒および骨組の座屈	1980
		(草 案)
DIN	鋼合成桁設計施工指針	1980
DAST-Ri 007	耐候性鋼材の引渡し、加工、使用に関する指針	1979
DAST-Ri 008	鋼構造における限界荷重設計法の適用に関する指針	1973
DAST-Ri 009	溶接鋼構造の鋼種選定に関する勧告	1973
DAST-Ri 010	鋼構造における高力ボルトの使用指針	1976
DAST-Ri 011	高張力細粒溶接構造用鋼 StE460 および StE690の鋼構造への適用指針	1979
DAST-Ri 012	板の座屈安全度照査指針	1978
DAST-Ri 013	シェルの座屈安全度照査指針	1980
DS 804	鉄道橋、その他の土木構造物の示方書 (VEI )	1979
DV 804	鋼鉄道橋計算基準 (BE)	1965
DV 805	鋼鉄道橋構造設計基準 (GE)	1955
DV 848	溶接鋼鉄道橋示方書	1955
(鉄骨に関するもの)		
DIN 1050	建築構造の鋼材、計算と構造設計	1968
DIN 1055	T1~T6 構造物の設計荷重	1978他
DIN 4100	主として静荷重を受ける溶接鋼構造物計算および構造設計	1968
DIN 4115	建築構造における軽量鋼構造および鋼管構造	1950

新らしい個別特性を持った構造物の開発には 類似構造物で発生した事故原因を調査し 研究して  
みるのが 要因分析として近道でもある。

2)

A.D.Blockerly は構造物の開発解析を 既存の構造物の建設中あるいは供用開始後に発生した事故  
報告からその原因を追求し統計処理を行った。事故原因として考えやすいのは表 4-5 の通りまとめ、  
建設の時系列に従って以下のように説明を加えている。

表 4-5 構造的破壊の原因

<p>限定した説明</p> <p>超過荷重：地形地勢からくるものとして死荷重、風荷重、地震等 ：人為的なものとして載荷荷重等</p> <p>応力状態：構造物の複雑さ 不安定さ 材料材質</p> <p>変位・移動：基礎工の沈下 クリープ 収縮</p> <p>退化：亀裂 疲労 浸蝕 腐蝕</p>
<p>あまり生じない障害</p> <p>火災 洪水 爆発 地震等</p> <p>車の衝突</p>
<p>人間の錯誤</p> <p>設計時の過失：過失 力学挙動の不理解</p> <p>施工時の過失：過失 粗悪施工 連絡の不足不良</p>

#### 1. 設計時及び設計者の問題

- a. 設計時に設計者は構造物の示す挙動についてよく理解していた。しかしながら その時点で予想もしなかった稀にしか発生しない大きな力が生じて、これが材料の稀にしか生じない欠陥と重なって問題が生じた場合。
- b. 例えば 基礎工の沈下、地層地層のクリープ、収縮、亀裂など超過荷重、超過応力度によって発生する構造物への破損破壊がある。設計時においては、これらの状態にたいしてある程度の知識は持っていたが、発生した現象にたいする予測と対応が不十分であった。

c. 異常状態として 地震 火災 洪水 爆発 車の衝突等も稀にしか発生しない事件が起こったとき。しかし これらの事件はしばしば過去の記録から 統計的な取り扱いによって対応策がたてられている。

d. 構造物の破損破壊に至る基本挙動を設計者が十分理解していないとき、（一般的にいうと新工法 新材料 新らしい構造物の開発で、高級技術者が担当しているときは問題が生じにくい、初等力学の有効数学のみを追う初等技術者が担当する場合はこの種の問題が多い。）

e. 既存の技術で十分指摘されている構造物の挙動を設計者が見落したとき。

## 2. 現場施工時 あるいは現場技術者の問題

f. 建設中に生ずる失敗 現場施工 検査機構 管理監督 判断にたいする情報連絡の不十分さ、知識の不十分な人が適切な相談相手もないままの間違った決断 臨界・境界条件にたいする評価認識の不足とくに 設計者と施工者の意志疎通の欠如。

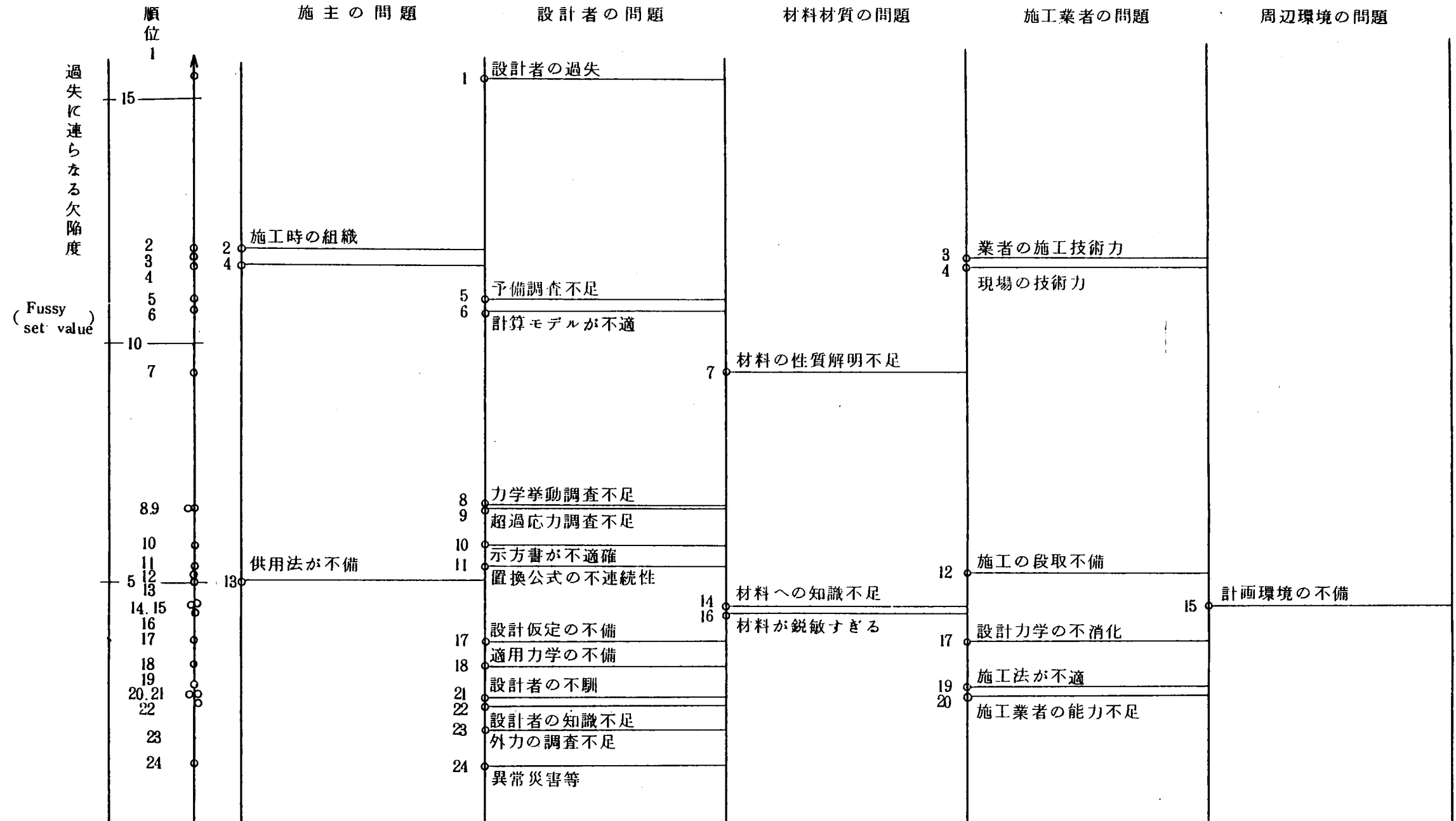
g. 工事現場をとりまく気象条件による失敗 とくに気象気候は 従事する人人の気持の持ちかた感情の起伏に微妙な影響をあたえる。これはまた予算的 政治的な事柄や 工事場の気質にも影響を与える。予算不足及び時間不足は 設計者 施工者の両者に直接的欠陥を与える。

## 3. 構造物施設利用者の問題

h. 利用者が構造物の特性を知らないままに 誤った利用をするとき、あるいは これらのものが複合して事故に発展していくとき。

A.D.Blockerly はさらに 構造物の破損破壊を取り扱った報文から、その原因が設計時 施工時 供用時にわけて 24の条件を設立し、彼自身の判断によって、これを 事実の信頼度 (the degree of confidence in the truth) 、と問題指摘の重要度 (the importance of the following statements) について注意深くそれらの報文を読み、5段階 (0.2、0.4、0.6、0.8、1) に分けて評価表を作り Fuzzy set theoryによって問題意識の重要性を計量化した。その結果の比重と要約した問題点及び事故を生じた構造物とその主たる原因をまとめると時系列に分けた計量化は図4-3の通りで、この原因追求は表4-6で、また構造物の総論にあてはめて表4-7と説明している。

図 4 - 3 事故報告からみた構造物欠陥の原因とその比重



3)

表4-6 A.D.Blockerly が調べた欠陥構造物と主要な原因      横軸番号は表4・7の番号と同じ      ○主たる原因、△原因

	構 造 物 名	現 象	事故年次	報文年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Tay	fall	1879	1972	○	○	○	○	△	△	○		○	○	△		○		○					△		△		
2	Quebec I	collapse	1907		○	△	○	○	○	○		○	△	○	○	○				○	△							
3	Quebec II	collapse	1916	1918																△						○		
4	Tacoma	failure	1940	1941					○	○		○			○													
5	Kings Bridge	failure		1963	△	○	○	○			○			△		○		○										
6	Point Peasant	collapse		1967					○		○							○										
7	West gate	failure		1971	△		○	○	△	○		○							○	○	○		○					
8	Second Narrow	collapse		1959	○																					○		
9	Ileron Road	failure		1966	○		△	△																				
10	Lodden	collapse	1972	1972	○	○	○	○																				
11	Aroyo Seco	collapse		1973	○	○	○	○																				
12	Listowel	collapse		1960		○	○	○					○								△					○		
13	Aldershot	collapse precast concrete		1963	○	○	○	○		○					○													
14	Bedford			1966	○																○							
15	Ronan Point	collapse		1968	○				△	○						△											○	
16	Camden	roof collapse		1973	○					○	△							○										
17	Stepny	failure		1974	○	△	○	△	△		○							○										
18	I lford	collapse		1975	○	○	○	△				△																
19	Ferry bridge	collapse of cooling towers		1965					△	△		○	○	○														
20	Mt.Gambier	TV mass failure		1968	△				△		○								○									
21	Sea Gem	accident		1967		○	○	○			○						○											
22	Ardeer	collapse of cooling tower	1973	1973		○			△	○	○	○																
23	Transocean III			1975	○					△	○						○						○					



表 4-7 Fussy Set 法による構造物の欠陥原因の調査結果

順位	Size	説 明
1	15.48	設計者による取り扱いの誤りがなければ、既存のよく知れた技術によるモデル化、計算法による欠陥はないが、構造物の挙動をよく理解していないので非常に重大な事故に発展しやすい。
2	11.88	施工時の誤り 施工会社内の組織は十分か？ 実行予算は十分であるか？
3	11.76	過去の事故例からみて 施工業者は現場施工及び施工監督について 設計機能を十分発揮できる能力を持っているか？
4	11.68	現場監督 管理について 担当者が十分な知識を持っているか？ 設計荷重にたいする考え方をよく理解していたか？
5	10.88	設計者に提供された資料の量・質が十分であったか？ 振動性状による動荷重の静荷重への置換、弾性域塑性域においてもよく理解していたか？
6	10.68	設計計算に用いた計算モデル・モードが適切か？
7	9.32	設計時に材料の弾性範囲 塑性範囲の性質 特徴を十分理解把握して設計したか？
8	6.53	既存の力学モデルで解析つくされていたか？ 不明 未知の現象が残されていないか？ 用いた計算法が現象を十分説明したものであるか？
9	6.52	設計に用いた載荷荷重は適切か？ 中小支間の道路橋はわかりやすいが 巨大施設では確率統計 集中度など解明する問題が多い。
10	5.76	用いた示方書類は適切か？ 現場技術者もよく理解していたか？
11	5.36	構造物の力学モデルに不連続的要素を含んでいなかったか？ 複雑な構造のため Simulation ができないことはないか？

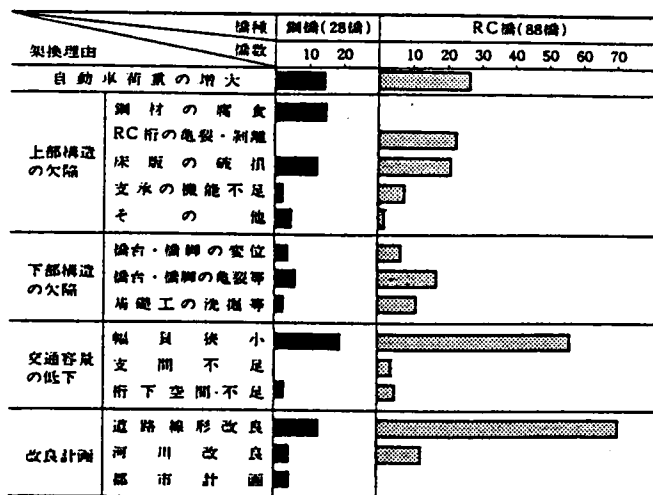
順位	Size	説	明
12	5.32	施工の段取りは一般に用いられる普及形か？	施工契約、工期等不十分なものではなかったか。
13	5.24	構造物を供用する方法は適当であったか？	
14	4.52	使用した材料材質は十分信頼できるか？	
15	4.52	設計計画 工事現場をとりまく環境は 予算的 工業技術的 政治的 職業専門的に十分であるか？	
16	4.46	構造物の架設作業中 思わぬ欠陥が発生するような鋭敏な材料、部材断面はないか？	
17	3.38	用いた計算法の計算途中において 仮定、有効数値の取り扱いが適切か？ 設計技術者と現場技術者の連携・連絡はうまくとれているか？	
18	3.24	用いた力学は 従前から適応性が十分実証済か。	
19	2.80	施工法は広く実績のある方法か？	
20	2.56	施工業者は この種の仕事に精通しているか？	
21	2.52	この種の仕事にたいし 設計者は十分精通しているか？	
22	2.48	構造物の力学系を十分把握していたか？	
23	1.92	外力にたいして 構造物の応答を設計者は十分理解していたか？	
24	1.28	稀におこる異常外力として 地震 火災 洪水 車の衝突等の情報をよく知っているか？	

以上の結果を参考に その順位もふくめ 次のようにまとめることができる。

1. 設計者は企画目的を十分精通し 広い見識から 既存の技術を堅固して 構造物の形式を選定し、供用目的と そのことによって生ずる構造物の挙動を十分に把握し 設計々算のモデル化を行い、目的にあった精度による数値解析を行なうこと。
2. 施工者は 設計者の意図を十分把握し 設計に用いた仮定 仮設を満足するように細心の注意を払い、現場環境の確立にはげむこと。
3. 施工側は施工者の作業を十分監督できる能力を持つこと。
4. 設計者は既存の技術に溺れることなく、広く 深い情報を収集し、これを理解把握すること。
5. 使用材料の特徴を把握し 計算公式における数学的不連続点や 材料材質の急激な変曲点（降伏点など）附近の取り扱いには特別の注意を払うこと。
6. 設計に用いる外力は十分実態に沿っていること。とくに都市部にある巨大道路橋などは 交通渋滞によって 自動車が全面積に載荷される機会も多く、示方書の設計載荷値と比較してみることに。
7. 設計で用いた範囲の供用に心掛けること。
8. 現場環境に気を配り 工事執行のために予算的にも十分に いたづらに周辺環境に影響されないこと。
9. 設計者が用いた高級詳細計算を 現場施工者にも理解できるよう初等計算の検索法を示すこと。
10. 異常時の状態をよく把握すること。

土木構造物の寿命としての信頼性は図4・2でふれた通り、構造物それ自身の耐力強度値及びその安全率の低減化によって 寿命を縮める場合と 周辺社会環境変化によって小規模改修にとどまらず、大規模補強による回生あるいは新規代替構造物への置換に至る場合がある。設計時点では一般に前者の議論がされるが 維持・管理を担当する部門においては、後者の場合も案外多いことに注目しなければならない。たとえば 建設省の委託により 日本道路協会がまとめた道路橋技術基準案には「道路橋の設計供用年数は 50 年を目標とする。」とある。現在の昭和57年からから50年を差引いた昭和初期の社会状態 自動車車両の規模とその普及率度を振り返ると隔世の感じがする。大阪府が管理する巨大橋梁はうちの 供用中のもののうちの幾部分のものは補強されたが中小構造物の多くは耐力補強よりは都市開発の波によって更新架替されているものも多い。建設省土木研究所の報告によると、調査対象になった道路橋 116橋について、自動車荷重の増大、交通容量 の低下、道路改良計画によって架け替えられたものの比率が高いことがわかる。とくに供用年数30~40年を経たRC橋はその傾向が顕著である。

4)  
図4-4 道路橋における架け替え理由



鉄道橋の場合は 本来輸送能力に見合った車両規模と軌道施設を建設するのがその目的であるが、昭和40年頃 日本鋼構造協会による鋼構造物耐用性調査委員会によって実施された4927橋の集計では、構造欠陥および変状、腐蝕など 構造物自身に原因がある場合は 37 %である。それにたいして路線としての活荷重の増大、線路増設、河川改修、下部工の改築など 社会的要因に属するものが前者の約倍になる。

以上の事柄は 近代文化の導入をはかって 社会改造を積極的に行なわれた日本の場合 鉄道橋では明治初期の旧構造は順次 新しい構造物に架替され、しかも 構造物自身の欠陥によるものよりも 架設地点の地形変化によるものの多いことは注目に値する。

5)  
表 4-8 鉄鉄道橋の架け替え原因の橋種別件数の例

原因大別	1-ビーム	トラフ ガーダー	デッキ ガーダー	スルー ガーダー	デッキ トラス	スルー トラス	合計	比率 (%)	
活荷重増大	204	18	324	6	2	26	580	11.8	48.8
構造欠陥および変状	138	128	273	4	5	7	555	11.3	
腐食	442	120	664	14	2	24	1,266	25.7	
線路増設工事等	328	112	471	14	3	25	953	19.3	51.2
部外工事	142	43	278	18	0	10	491	10.0	
下部構造	119	18	479	5	0	21	642	13.0	
災害その他	110	41	269	3	0	17	440	8.9	
合計	1,483	480	2,752	64	12	130	4,927	100.0	100.0



#### 4-2 重要構造物におけるシステム（道路橋構造）

いま重要構造物の定義として、その施設をふくむ路線が社会基盤としての重要性、永続性があり、構造物自身の橋長・巾幅等の幾何面積が広く、支間が長くて構造物の力学的特性として個別的呢なものも多く含んでいるもの、架設位置の地形地勢条件も制約が多い等とすると、大阪府下の橋架構造物で長年に渡って建設・供用されてきた淀川筋にかかる橋架群はこれに相当する。従って淀川筋の橋架構造物を類形別を行って重要・巨大土木構造物がその機能と強度の保証し、信頼性を失わないための要因をさぐる。

淀川筋に架設されている橋梁は図4.6の通り大阪府下約35kmに30橋あって、都市部である約7kmにうち20橋が密にかかっている。橋架構造物の整備の第一義目的は、道路・鉄道側からは載荷荷重の走行にたいする機能強度の安全性の保証であり、占用を許可した河川側からは治水の条件として計画流量、流心流路、高水位等の障害を極力少くして、洪水の疎通能力を保証し、堤防護岸に被害を及ぼさないことである。これら双方の要因から決まる橋脚間距離としての構造支間は互に排反する。また、架設位置は堤内地の都市区画と背後地への道路網から他動的に決められることが多い。以上のような要因をふまえて、その配置をみると、既設橋に併設した接近工事による影響を受けたものは23.3%、また、広域の大阪地盤の沈下の影響をうけたものは46.7%である。

このように淀川筋の橋架群を類似として巨大規模・重要構造物をみたとき、その計画手法は公共施設としての属性から個別特性の取扱い基本システムとして図4・7のような計画策定論に始まり、残材処理に至る一連の流れは同様である。今後重要構造物を計画する場合を想定して、相似・類似の土木構造物がその長い供用期間中にうけた課題を整理すると、構造物の第一義な本来目的として供用期間を長く、しかもその間は機能・強度保証である。これは構造物に作用する外力にたいする構造物自身の課題で、誕生時に巨大施設であるがために導入した個別の開発技術及び施工法の信頼性、安全性と、維持管理にあたって、どこまでそれらの技術を理解して、構造物に表われた破損・破壊の徴候を察知し、対策と処理を行っていたかが一つの側面である。

また社会発展に伴う地域開発によって取付の前後路線施設をふくむ改修のために、あるいは供用の載荷基準値が異なることにたいする整備水準の将来的見通しの課題が構造物に及ぼす影響がもう一つの側面である。能動的な社会的課題として構造物の上部工、下部工、支持地盤にたいする外力のこれらは構造物にたいする図4・8のような要因分析図と、それらを受ける構造物自身の課題として図4・9のとおりその将来変化にたいする施主の見通しと余裕の内蔵のあり方をうけて、設計技術者がその最適化をどこまで追求するかの資質が求められる。すなわち載荷活荷重は与えられたとしても、剛体・柔軟の構造型式、主要力学部材の材料材質の質量、弾・塑・脆性の材料特性、

図4・6 淀川筋にかかる橋梁

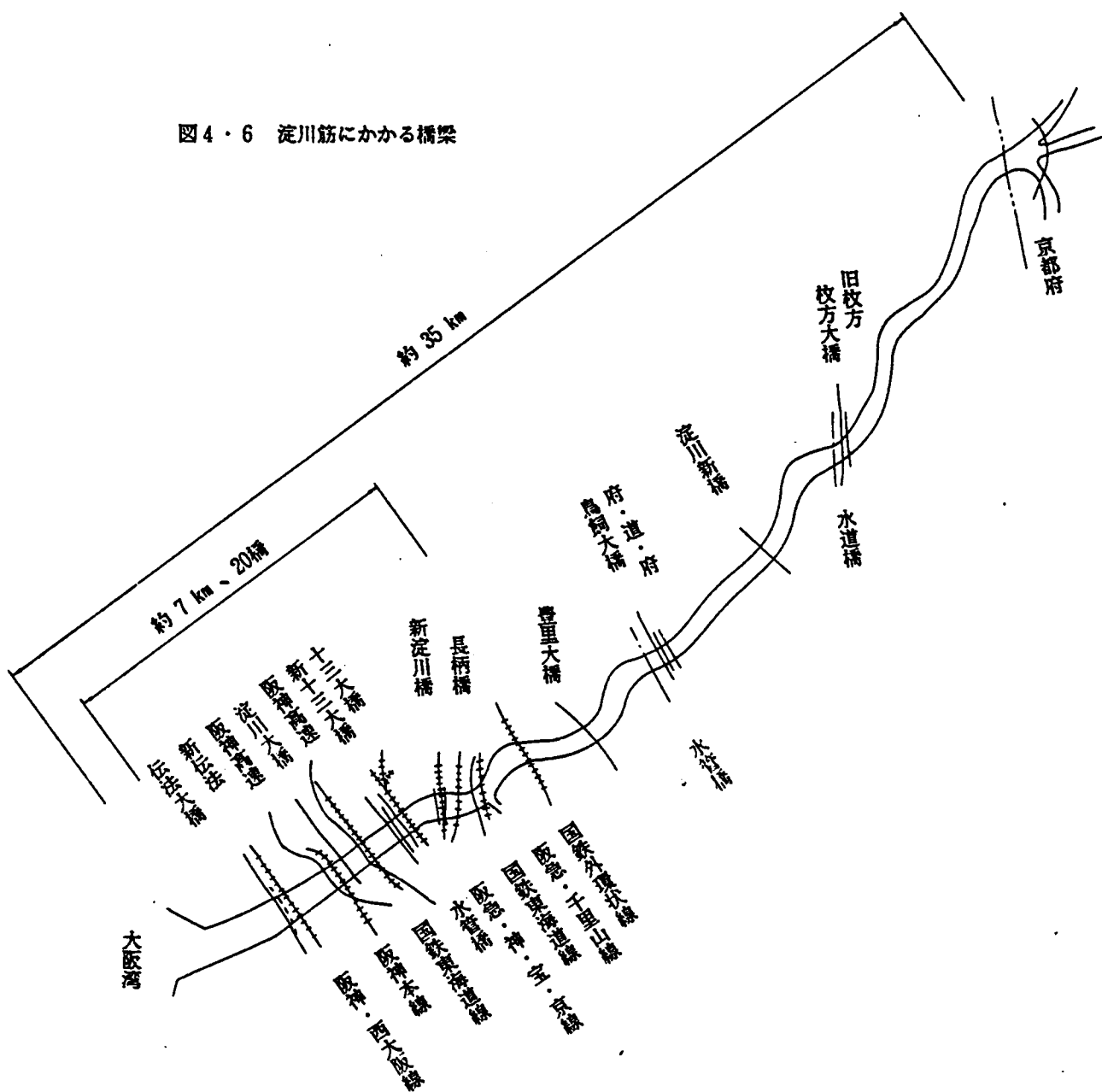




表4・9 淀川に架かる巨大橋梁がうけた変化事情

番号	橋 梁 名	社 会 変 化		人 為 的 変 化	
		供用荷重値が 増加したもの	広域地盤沈下の 影響をうけた もの	併列・近接橋が 後日建設された もの	その他の影響を うけたもの
1	伝法大橋	○	○	○	爆 撃
2	新伝法大橋		○		
3	阪神電・西大阪線		○		
4	阪神高 西宮線				
5	阪神電・本線		○ 大改修	○	
6	淀川大橋	○	○		
7	阪神高 池田線				
8	国鉄・東海道線				
9	"		○	○	
10	"		○		
11	新十三大橋				堤体滑り
12	水管橋				
13	十三大橋	○	○		
14	阪急電 神戸線		○		
15	" 宝塚線		○	○	
16	" 京都線				
17	新淀川大橋				
18	長柄橋	○	○	○	
19	新長柄橋				
20	阪急電・千里山線		○		
21	国鉄・外環状線		○		撤 去
22	豊里大橋				
23	水管橋		○		
24	島飼大橋 (旧)	○	○	○	
25	"				
26	" 新			○	
27	淀川新橋				
28	水管橋				
29	枚方大橋				
30	" (旧)				
	計 (橋数) %	5 16.7	14 46.7	7 23.3	

図4・7 重要構造物の計画・設計段階における要因分析

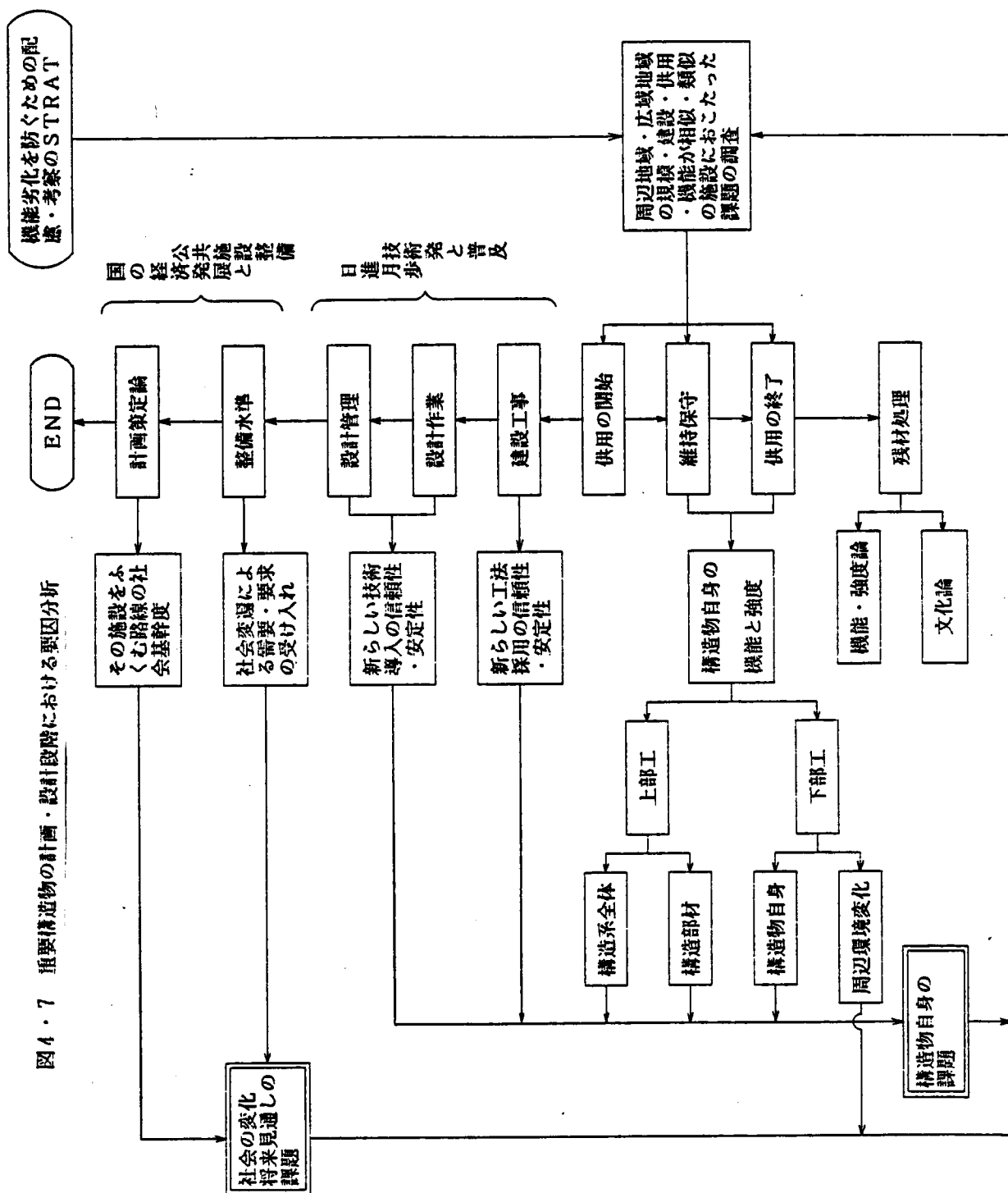
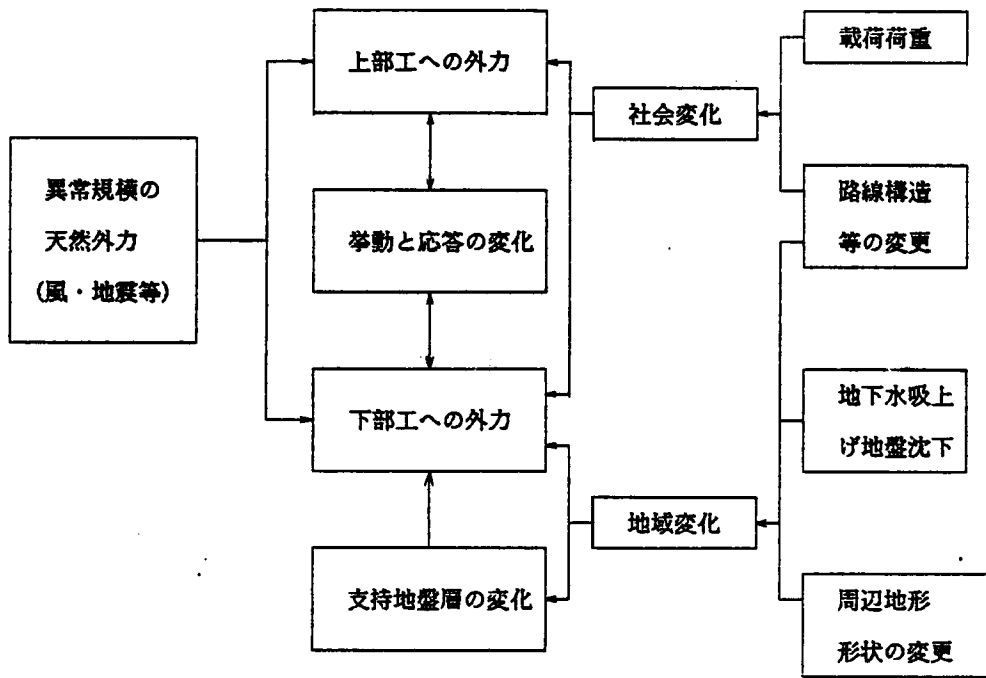
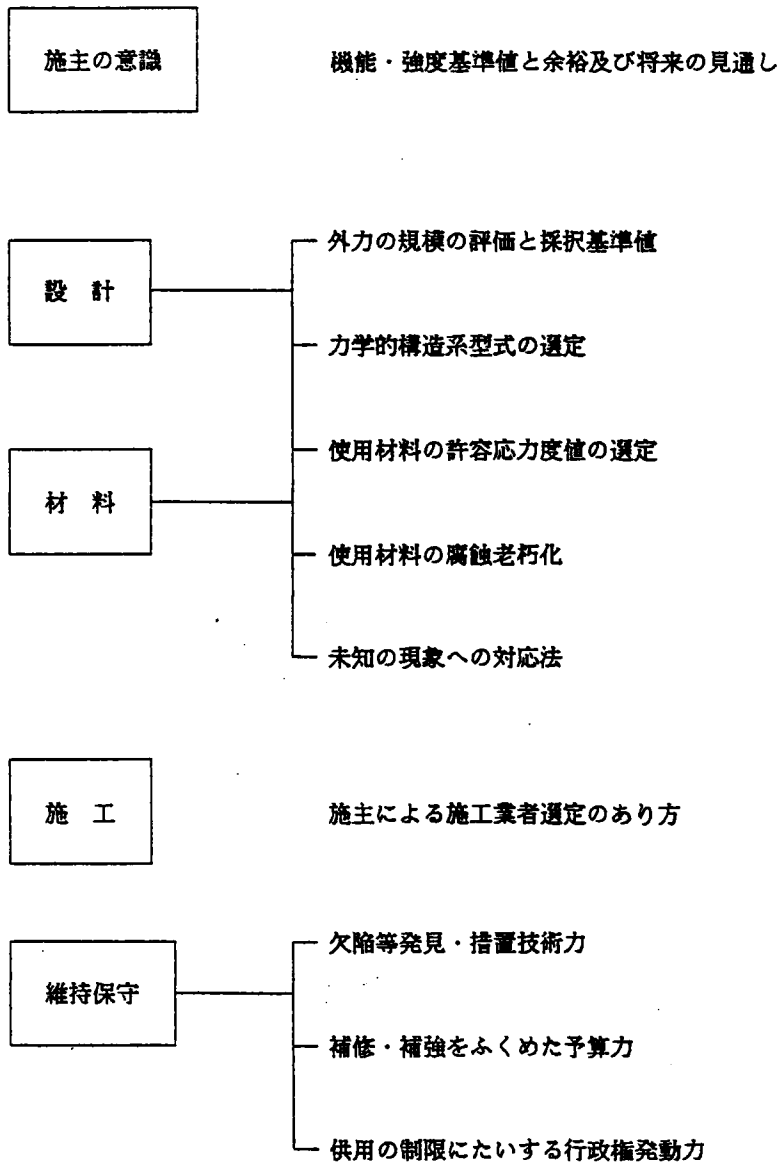


図4・8 構造物へ能動的な社会的課題



許容と使用する応力度とその弾性域の範囲、長い供用期間中を漏れされていることにたいする材料の耐久性等の設計にあたって検討すべき基本的事項がある。さらに土木事業は受注生産を原則とするのでそれら前提条件をよく理解して能力のある施工業者の選定、及び施工後これらを維持保守する組織の技術能力・予算力が問われるところである。さらに構造物の破損状態が明らかになって、強度不安を生じたときの管理者として補修に要する一定の期間を供用の禁止・制限を行う行政権の発動との有機性となる。以上のような要因について既存の橋梁構造物の履歴を調査し、その現象を計測して統計的考察と将来への予測が加えられると、それらは新橋計画にたいする地域性としての与条件である。ここで将来見通しはあくまで見通しであって、建設時点ですべてを処理しておくことは技術的にも、また法律で定められた設計基準値を上回る公共投資になりかねないので、将来の予測現象にたいして、現象が発生した時点で対応しやすい小道具的装置・装備は極力広く具備させておくべきである。

図4・9 構造物自身の課題



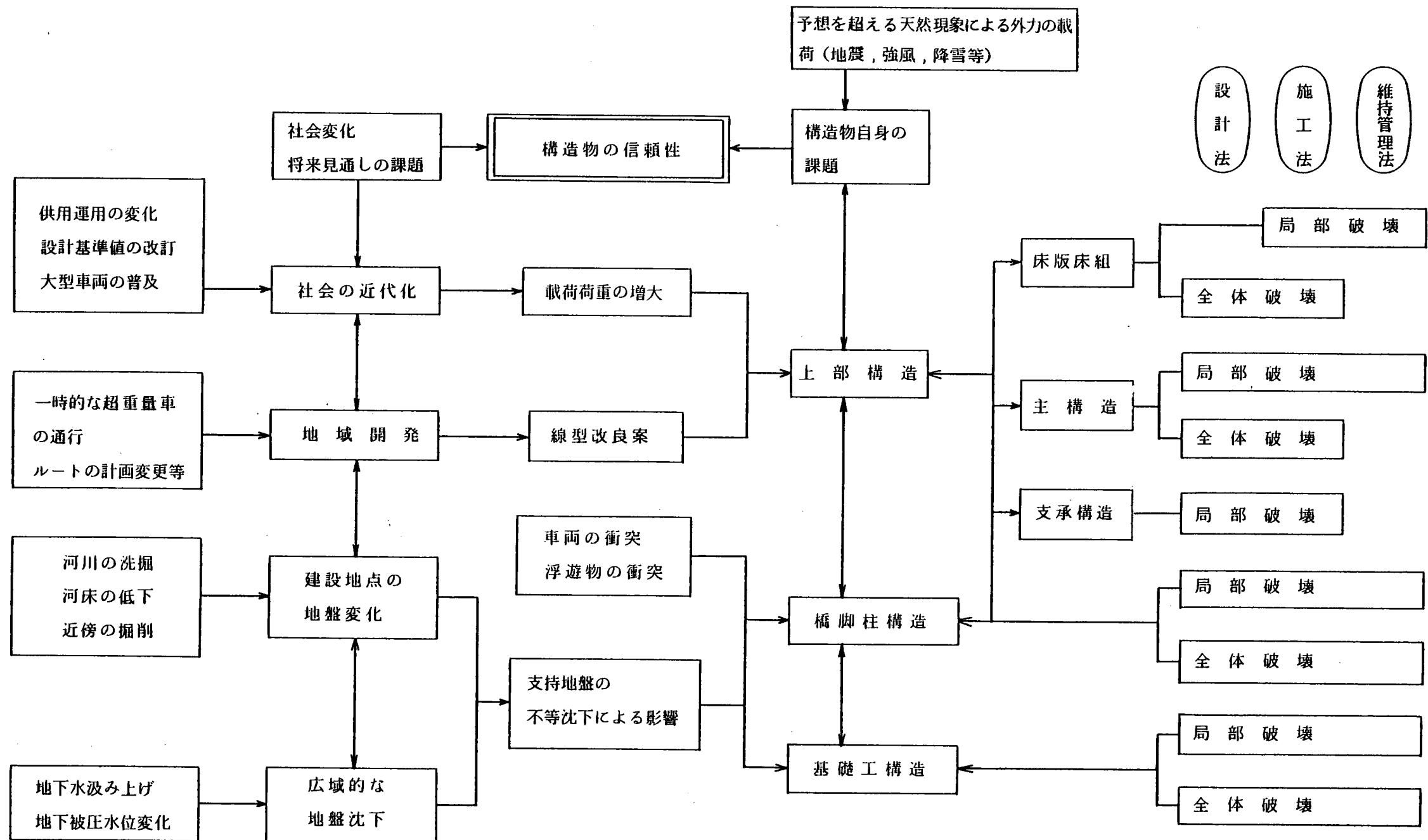
次に外的作用を構造物が内的に受け止めて、しかも信頼性を保証するために考えるべき要因分析は図4・10のとおりである。すなわち、社会変化の将来見通しは社会の近代化によって載荷荷重の形態に変化が表れる。とくに物資流動にたいする移動・輸送需要の国全体のシステムの変化や、外国における変化の影響を直接的にかつ早く受ける自動車輦の場合、大型・重量規模の特殊車輦の実現の可能性が高く、幹線道路施設はそれらの重量車輦の通行方法について意見は述べられても、通行の拒否がむずかしいときもふくめて、機会は極く少ないというものの対応法を設計時点で内蔵しておかなければならない。また、土木構造物の設置されている地点をふくむ地域社会の変化、たとえば公物資源としての地下水の吸みあげ、接近部の地層掘削や隣接構造物をその後建設されることによって基礎工支持地盤厚は新しい応力をうけて、応力とひずみの力学関係によって圧密・収縮・滑り等の現象をおこした場合、既設の構造物は少なからず影響をうける。淀川筋に架設された橋架の約1/4が、その後の社会発展によって併設接近構造物が建設されている。その際にも新設橋架の設計・施工上の力学的余裕を第一義として併設新橋との基礎工間隔を選らべることもあるが、(表4・9中の2、12、19、23の主として背後地の区画に影響をうけにくい水管橋)、極く接近設置を都市街路形態から制限され、既設の橋架下部工に相当大がかりな防護補強工を要することもある。(表4・9中の9、10、15、24、30の道路・鉄道橋)さらに橋架を占用許可した淀川自身は流量地域に住む人の増加の影響をうけて、地域の降雨にたいする貯水・保水法が、広域農地の水田・山林から山間部に建設された多目的ダム群に移行していること、その洪水流量調節に政策的制御が加えられるなど、橋架構造物の規模をはるかに越える上位国土計画による影響をうける。具体的には昭和40年頃から事業実施に入った淀川低水路河道の位置の変更があつて、この事業によって、既存橋架の橋脚基礎工は耐荷支持地盤の層厚の量と、根固め工、薬液注入による土の固結による弾性係数の変更によっては、上部構造にまで及ぶ弾性系としての変化が忍び寄ってくる。

構造物自身の課題としては、構造部分である上部工、下部工及び地盤もふくめた基礎工に分けられる。それぞれの構造系は繊細な部材の組み立てによる弾性系としての上部構造、コンクリートなど鈍感な塊としての単純構造をもつ橋脚柱構造、地下水の変動が支持地盤の弾・塑性強度にも直接的な影響を及ぼすが、何分土中構造物であるために、具体的な破損状況を直接肉眼で観測しにくい基礎工構造に分けて考える。

上部構造にはさらに直接設計荷重値に相当する載荷荷重を繰り返す床版床組部、床版等の剛性体によって広く分配分散された均等な応力度をうける主構造と、その主構部材の組み立て応力集中が生じる格点及び質量の大きい上部構造と橋脚軀体にはさまれてそれ自身の滑動・回転などの

運動機能を保証しながら巨大外力を剛性の高い複雑構造形状の小さい軀体で受け持つ支承とに分けられる。これらの部分を検討するときは、外力の大きさとしての量と繰返し度・載荷方法の集中帯面積・局部応力としての不均性などの質の状態、この外力を受ける材料材質の弾・塑・脆性における弾性曲線特性の形態、材料品質の現場・工場における材質安定度の保証によって、その破損・破壊の表現挙動が伸び・亀裂・座屈・捩りなど5-2章で詳述する初等力学現象を示す。従ってその徴候をいかに設計時点で、格部材をバランスよく洞察できるかの設計管理作業となる。

図 4.10 構造物の信頼性を得るための経年における要因分析





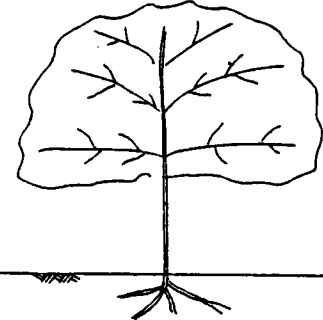
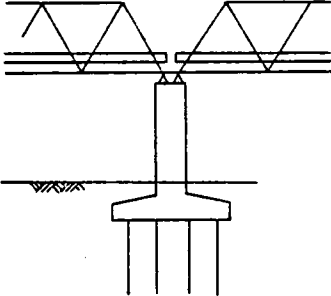


類似の事柄に比喩を用いると、巨大構造物は野山に孤立して育った樫・櫟のような一本の幹に左右に枝を張り、小枝に葉を繁らした大木にたとえられる。構造部材と比較すると図4・11の通りである。各々の第一義目的は主な外力にたいして、材料材質の特徴を生かしながらどのように最適化の構造系と構造部材の組み立てを行うかにある。生態系樹木は子孫の繁栄のために花を咲かせ実を稔らせることにあるので、葉は具備するべき必須条件である。この葉を取り除いた冬の樹木の枝・幹配置系は片持はりの組み立てで、枝から幹へ、幹から根へ、根から土中への応力伝達機能が明らかである。従って計画する巨大構造物の既存実例から、ガーダー、トラスのような剛構造、吊橋のような柔構造を選んだ後の土木構造物の設計管理について類似材質（剛な樫と柔な柳等）の特性と、その骨組構造系の弱点と、補強法には多くのヒントを与えられる。

次に本節の図4・7では、土木構造物を供用中の維持保守について経験している事項から、計画策定論への課題を逆向きに検討し、その要因分析を行った。この方法を図4・11の生態系樹木にあてはめ、樹木の上下を逆にして小枝によって大木を支えた場合を仮想する。樹木全体の自重は断面積の多数群の小さい枝で支えられていることになる。すなわち、設計基準値を超える超過荷重を受けた場合の構造物に及ぼす影響と写像されている。樹木の小枝は最初は材料の弾性域の応力をうけるが、すぐに塑性域に移行し、大変形を伴いながら順次急速に変形変位が拡大・伝播して、主構としての枝に応力を伝達し、同様の現象を繰り返しながら拡大してやがて逆向に置いた樹木は転倒する。小枝部材の材質の剛・柔と弾・塑・脆性の境界値の応力状態、及び経年による材質の腐蝕・腐敗によって、外見的に示す現象も異なるが、私達の日常の生活からは容易に推察できる現象である。この現象を土木構造物に写像してみた場合、供用と維持保守に関する多くの予見を改めて得られることになる。

すなわち、巨大規模構造物の計画管理作業は生態系にある類似の動・植物の超長期の環境との順応で進化してきた骨組構造の写像してみることは多くの知見をさぐる鍵であり、設計作業の順序を逆転させてみることは設計基本システムをRevised /Renewal /Recycleする近道であるといえる。

図4・11 骨組構造系による生態系と構造物の対比

	生態系樹木	土木構造物
		
主 な 外 力	強 風	載荷車両重量 強風、地震；洪水等
耐 力 性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 葉を飛ばして風圧の低減</li> <li>2. 枝・幹の弾性で耐える</li> <li>3. 幹を伝った外力を根で地中に分散</li> <li>4. 枝と幹は節（ハウチ）で補強</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 外力を効率よく床版から上部工の構造材を通して、橋脚柱基礎工へ伝達</li> <li>2. 基礎工から地盤に分散</li> </ol>
構 造 系	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主幹・主枝の単純な系</li> <li>2. 片持ばりの単純力学系</li> <li>3. 木材材質と枝振りのあり方</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生態系の樹木からの類似性の考察</li> <li>2. 剛・柔構造の組合せ方法</li> <li>3. 部材格点・応力の円滑な伝播法</li> </ol>

#### 4-3 軽易構造物におけるシステム（道路附属物としての標識とその構造柱）

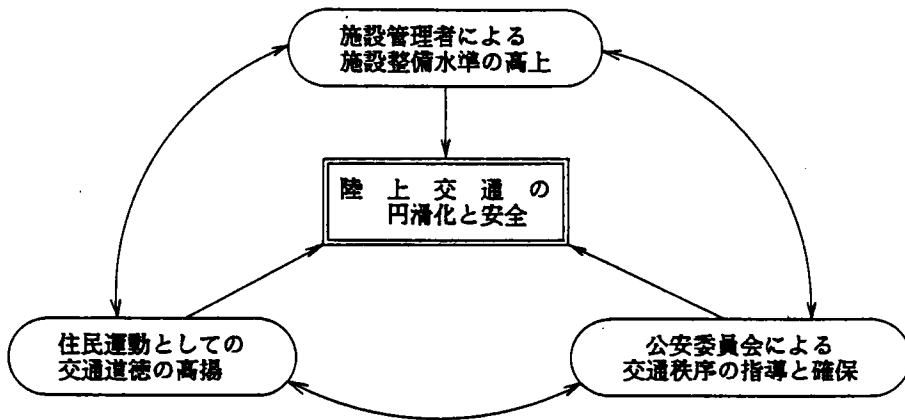
土木施設の設計計画において機能と強度の2面性のうち前者の需要が卓越している場合として、筆者が道路交通管理の運用施設として取り組み成功を得た 大阪府下の幹線道路網交差点に 道路管理者が整備している大型案内標識の方法と、この機能を保証するための固定施設としての案内標識板懸架の門型構造柱を例にあげて述べる。

路線施設としての道路構造自身は 自動車の円滑な交通を保証するための舗装路面強度をもった帯状物である。その交通運用を助ける手段として 道路法第30条によって道路先行・方向についての案内標識を整備し、道路利用者にたいする必要な情報を伝達し、交通の安全と円滑化をはかることは有効である。道路管理者が道路施設として設置する案内標識は 当然法律に基づく規定としての基準が定められていなければ 国家賠償法的発想になじみにくい。そこで、公共構造物としての取り扱い基準として、日本道路協会による道路標識設置基準、同解説（昭和53年 9月）が提案されている。その内容は「合理的な計画、設計、施工および維持修繕を行うのに資することを目的とする。」として、整備に関する一般的技術基準を定めている。従って、この基準は道路法に基づいて認知された基準値であるといえることができる。

しかしながら 表 4・10で詳述するように一統したところ施設のハード面が中心にまとめられているため、公共構造物としての強度論が優先している。そこで道路標識の形状を道路利用者としての自動車運転者側からみての本来機能の有無について考えてみる。

道路交通の円滑化を第一義としたものに交通安全対策基本法（昭和45年 6月 1日）がある。この法の精神として「国及び地方公共団体、車両の使用者、運転者等の責任を明らかにするとともに、国及び地方公共団体を通じて必要な体制を確立し、並らびに交通安全計画の策定 その他施策の基本を定めることにより交通安全対策の総合的かつ計画的な推進を図り、もって公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。」とかかれていて、道路交通に関する複雑多岐な多面性を図 4・12の通り、大きく3本柱にまとめている。すなわち道路施設の管理者による施設整備水準の確保、交通運用の秩序に関して公安委員会による交通流の誘導・規則の管理 及び道路利用者としての運転者・歩行者等による交通道德の高揚を目指したボランティア活動を中心とする交通安全協議会による相互の協力と位置付けている。従って、相関する異質の性格をもつ母集団の第一義目的まで物の見方を広げてみると、道路管理者の責任範囲であった本来機能と、それを発揮するための必要条件としての余剰施設の合体を、人の社会集団の別の断面から眺めてみると、図 4・13で示した通りに甲の副次機能が他の乙、丙の本来目的に活用できることが多い。道路の案内標識柱構造はまさしくこの事例である。すなわち、

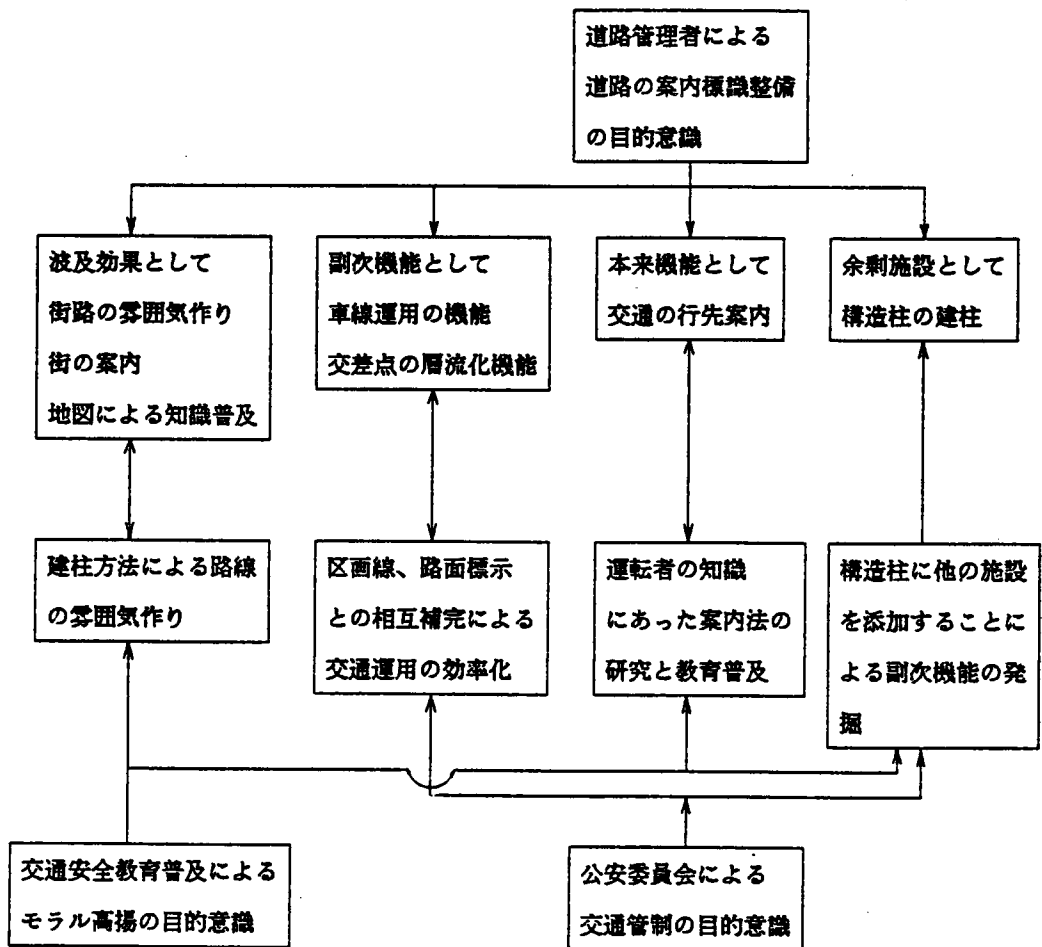
図4・12 交通の円滑化と安全の3本柱関連図



広域幹線道路相互の大型交差点は交通事故発生注意地点で、大阪府では府下の交通事故の約60%は、広い交差点における車両相互の接触・衝突によって生じている。これは、広い交差点内における車両の直進・右左折の挙動が複雑・不明確なことに由来することが多く、このため運転者の運転感覚に十分の余裕時間を持った確かな知覚による刺激を提供する道路路面の区画線及び頭上の車線誘導のための案内板の標示内容と標示位置への対応の不足によるところが多い。

そこで筆者は、広い交差点の流入部及び流出部に道路管理者の本来機能として標示する行先・方向・方面の案内標識を、路面の車線区画線と1:1で対応させ、かつ遠方からの沿道の広告看板類に負けない確かな運転刺激を与えられるよう、車線巾全巾にわたった跨道型の標識板懸荷のための門型ラーメン構造柱の設置を研究した。このことは案内標識板を車線数と同数にすることによって、副次機能の車線運用機能として交差点流入部に到達する相当手前から、自動車運転者に行先方面別車線を自主的に選別させて、交差点にかかったときの車両相互の交通流を車線毎の層流化を生みだし、交差点における自分と他人の車両の運動挙動を秩序のある単純で明確にしようとするものである。道路管理者は本来機能を発揮するため、極くわずかな余剰として路側に建柱していた逆L型構造柱を、全車線を跨ぐ門型構造柱に形式変更をしたにすぎない。このことによって、交通運用の秩序を指導する公安委員会は第一義目的として路面区画線との相互機能補完によって交通運用の効率化がはかれ、また交差点名標示などの副次機能に活用できる。さらに大型構造柱に地名標示、交通信号機の設置等の添加と、構造物自身に創意工夫をこらすことによる道路路線としての雰囲気作りにも利用することができる。

図4・13 甲の副次機能が乙丙の本来目的と合致する流れ図



以上のように本体施設の機能高上のための附属・附帯施設は、社会資本としての備品度が劣っているが、整備水準を設置するに至るソフト面からの需要は、人の集団社会の日新月歩に即応した調子で追従することが多く、それだけに 施設整備の計画策定論を検討するにあたって、需要の多面性としての多くの主要因からみた本来機能と そのための余剰施設と それによって生ずる副次効果・波及効果の相関を広く検討し、社会需要の主要因を施設面のみではなく共存共栄できる要因の巾広い組み合わせが公共施設に望まれるところである。

次に表 4・10で一覧にまとめた道路標識設置基準・同解説によるハード面についての不備を指摘する。この基準は日本全土を同一の水準で覆なおうとするものであるので 当然 国土縦貫幹線（名神・東名高速道路等の日本道路公団による路線）、大都市内における自動車専用道路（阪神高速道路公団による路線）、広域骨格幹線の平面道路（建設省直轄国道、広域都道府県道）及び平面細街路など道路構造規格の違いによる自動車運転者の利用意識の相違などによる注視野、注視距離、対象物の注視比率など限の刺激にたいする取り扱いが欠落している。

また、大きな受風面積をもつ案内標識板構造をみたとき、設計外力の最大荷重は 風速による圧力である。また強風になったときは 人の社会活動は異常時として避難状況に入るため 標識板による標示が不用の時間帯も、天然現象として風速外力に抗する発想で、施設利用の限界範囲と外力をどのように避けて構造物の安全性を確保していくか、すなわち 標識板を利用するある風速までを固定し、それ以上の風速には 外力をさけるために可振型にする工夫が不足している。さらに不幸にして台風被害をうけて、社会的備品度の少ない構造柱が破壊したときの周辺地域に与える２次被害の防止、将来の道路車線運用が変更されたときの標識板懸架位置の追従変更の施工法などの欠落はこれらの基準策定にあたった担当者の経歴から無理からぬところもあるが、一つの目的のために整備された施設の、施設自身の副次効果、波及効果について、図 4・14、15のように別の観点からの多面的な見方を通して、土木構造物の設計計画管理の需要要因の整理分析が欠けている。

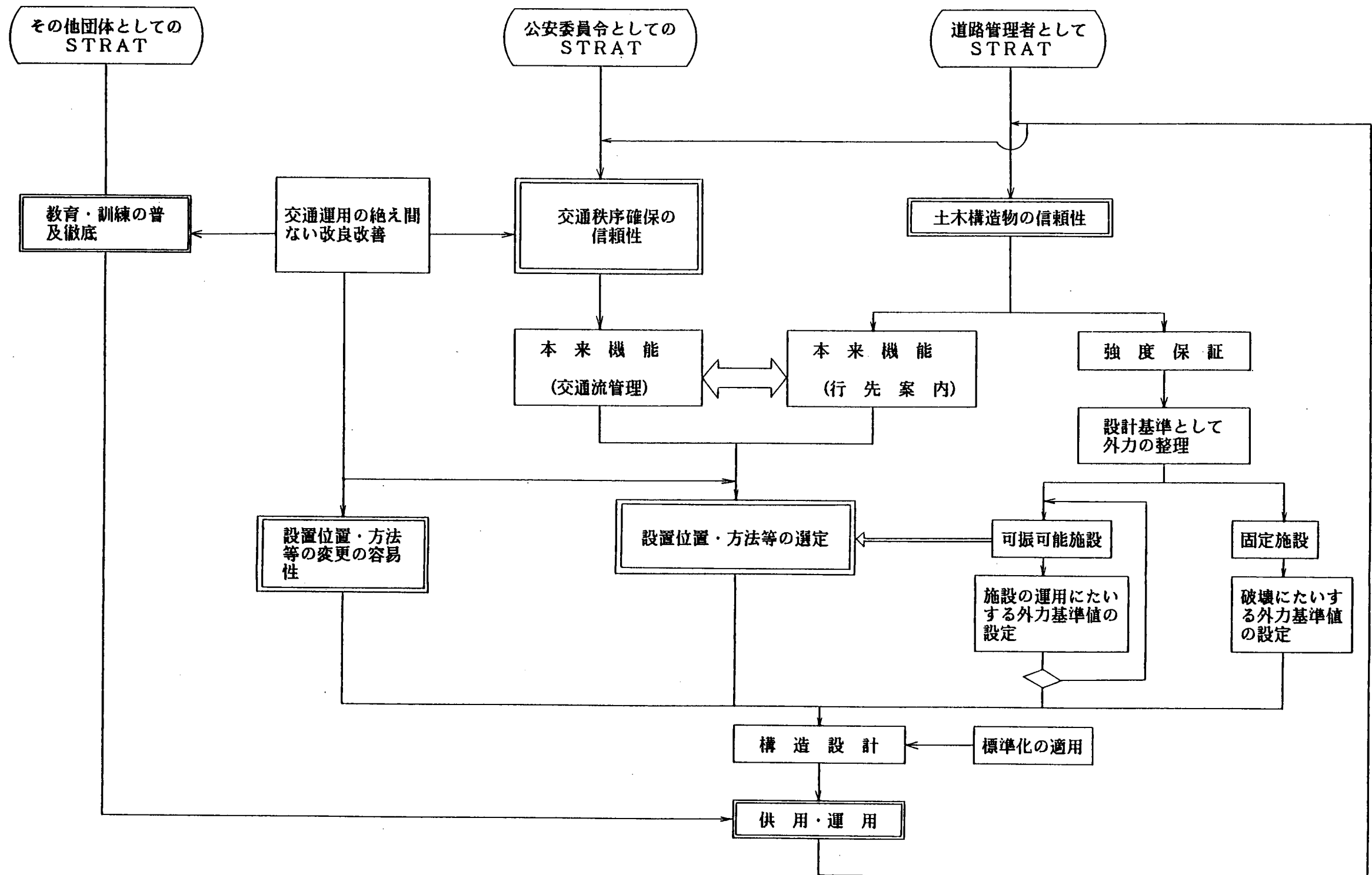
表 4 ・ 1 0 国の基準による道路標識基準の問題点

(国の政令の元になるもの) 道路標識設置基準目次		ソ フ ト 面		ハ ー ド 面	
		記 述	問 題 意 識 の 不 足 点	記 述	問 題 意 識 の 不 足 点
1. 総 則	基 準 の 目 的	合理的な計画作成のため	—	設計、施工、維持修繕の一般的技術基準とする。	
2. 設置体系	技能 及び 体系	各種標識の持つ機能を十分考慮のうえ一貫した情報提供がなされるよう体系化	各種標識の個々の機能の羅列にとどまる。路線網あるいは路線としての理念の建て方にふれず、整備水準の考え方は読者まかせ	情報提供標識の国としての統一形状、内容を説明	情報提供の統一性としての設置位置について内容不定
	標示対象物の選定	一般的な総論として道路性格、目標地の知名度道路網密度の考慮を指示	都市部地方部、幹線路街路等の利用者の必要とする情報の種類からくる原則にふれず、思いつくまゝの乱立を指導		
	他の管理者との調整	地形・道路上必要あるときは併設	ドライバーの情報反応時間、他の管理者との情報調査して簡素化にふれず		
3. 設置計画	設置場所の選定			道路の建築限界の確保を強調	標識の持つ機能、責任の優先度を忘れて、通過車両、歩道空間の確保のみにとらわれた。
	設 置 方 式	同一基準のなかで標識板の併用の稚然（建設費）と回避（運転者心理）があり優先度不明	建柱経費から他の管理者との併用をすすめている。これはドライバーの人としての刺激反応の確実さに対抗している。	標識柱構造として路側式片持式、門型式の種類を説明	これらの3型式が持つ特徴と、利用法についてふれず選択法について路線性格にふれず取筆者の独断が目立つ時は有効性を疑われるものまで記述
	一般道路の案内標識	設置位置・種類の一般記述	選択にたいする重要度の説明不足から読者は錯乱するのではなかろうか？	標識種類の羅列	
		設置法の具体的説明	路線網と設置目的の関連説明不足、ドライバーの混乱は必至	設置位置の解説	
	都市間高速道路 都市内 “		管理者が限定されているとき、これを一般平面の示方書と別章にまとめる要あり	歩行者用標識の解説	歩車道のどちらから使用するかの意識不足
	警 戒 標 識	種類、設置位置の記述	道路施設が示す警戒の予告と小型標識が示すそれとの優先度の説明不足		
4. 設計・施工	構 造		標識の持つ常時の機能と異常時（台風時）の目的との異なり意識不足	設計荷重としての風速選定	既存の風速総計と公共施設の耐用年数から超過大値を選定

(国の政令の元になるもの) 道路標識設置基準目次		ソ フ ト 面		ハ ー ド 面	
		記 述	問 題 意 識 の 不 足 点	記 述	問 題 意 識 の 不 足 点
4. 設計・施工    付 録	都市間高速道路 都市内 “	種類、設置位置の記述	管理者が限定されているとき、これを一般平面の示方書と別章にまとめる要あり 道路施設が示す警戒の予告と小型標識が示すそれとの優先度の説明不足 標識の持つ常時の機能と異常時（台風時）の目的との異なり意識不足	設計荷重としての風速選定  井筒型の設計法の説明  道路利用は社会活動利用者意識の変化に伴って変化しやすい。 これにたいする対応法不足	既存の風速統計と公共施設の耐用年数から超過大値を提案 表層の土質状況の変化浅い基礎としての受動土圧の考え方に問題。 公共施設としての重要度、耐用年数、維持管理システムについて述べていない。 設計風速と構造選択に疑問 柱構造の継手、及び局部応力の解明不足 地盤地層と受動土圧の考え方が不明 全般的に構造物が供用途中における力学挙動について説明不足
	警 戒 標 識  構 造  基 礎 工  設計計算例の紹介				



図4・14 道路標識における同一機能・運用にたいする整備計画策定者が異なる時の流れ図  
(機能を中心に検討する構造物の場合)



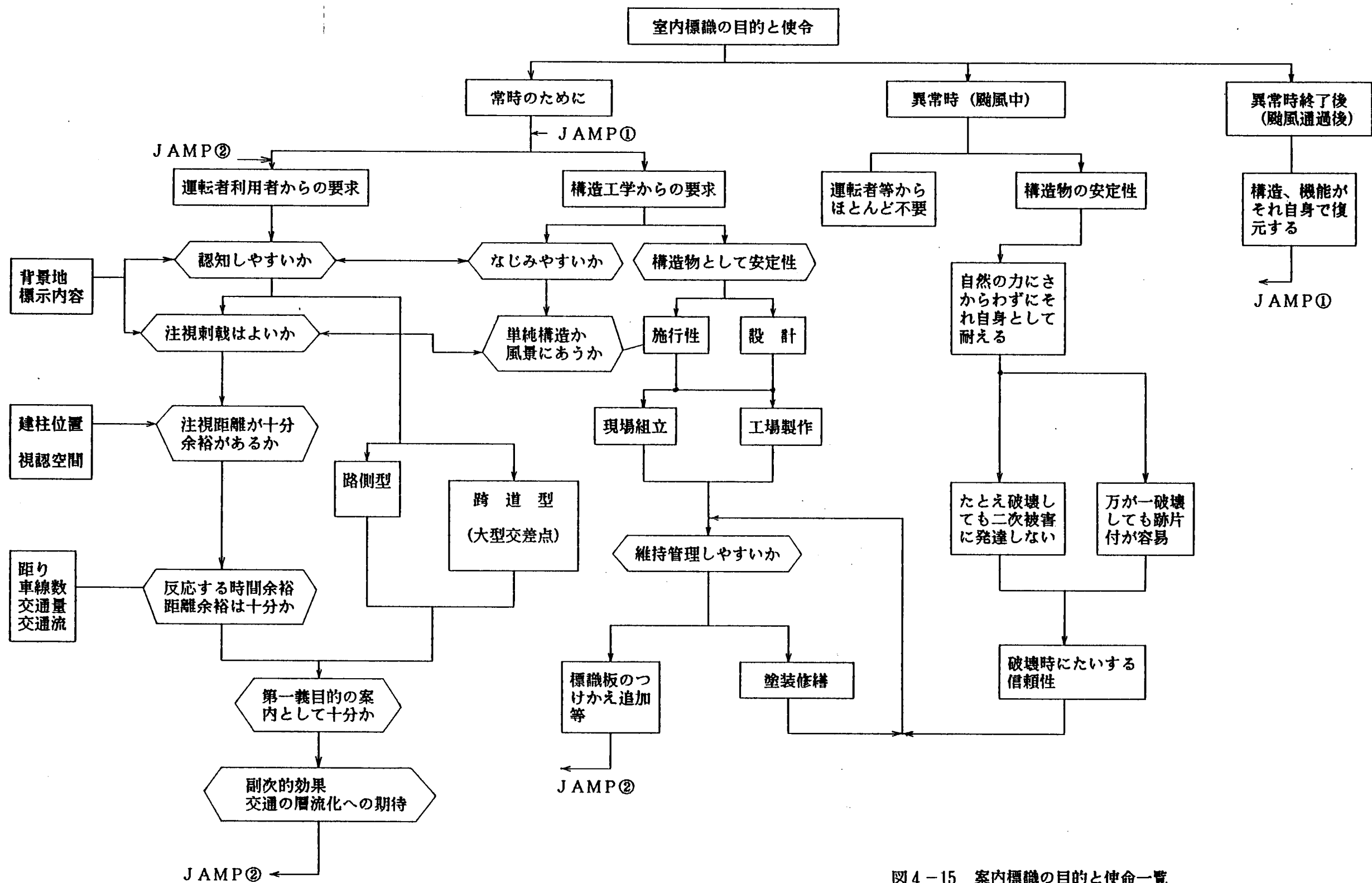


図4-15 案内標識の目的と使命一覧

「道路の走りやすさ 走りにくさ」は自動車運転者の技術 車両の規格にもよるが、運転者の求めている運転ニーズに 施設の設計基準類が適応していないことも少なくない。この点を指摘し 路面標示と道路標識を用いて図 4・15の流れ図のように機能の多面性を認識しながら改良を試みた。

いま 走りにくさを 交通事故発生 の件数に関連させたとき、大阪府下の発生件数約3～4（万件／年間）の約2／3は交差点で発生している。このことは 交差点とくに運転者が知らない地域を走行中に、交差点の形状と 自分の行先にたいする走行車線の認知・予知不足、あるいは 交差点内走行中に他の車両との相関挙動が反応・判断できる短時間内に容易で確実でないためと考える。すなわち 旧道路構造令で整備されたハードな道路施設を、交通の運用管理の面から眺めると 車両の誘導方法の画一化の不徹底による運転者自身の対応と、この不安感を除去する道具としての道路施設の提供法に不備があると考ええる。

表 4・11 京都守口線の道路施設

両路線の交通量、交通事故比較

		国 道 1 号		京 都 守 口 線	
市 町 村 区 分		寝 屋 川 市	守 口 市	守 口 市	寝 屋 川 市
延 長 (km)		4.0	5.6	2.1	3.6
交 通 量	測 定 地 点	太 間	八 島 町	金 田 町	位 田
	自動車通 (台/12h)	43,733	52,652	47,191	31,003
	大型車進入率 (%)	17.0	12.5	18.2	16.3
	自転車および動力二輪車	541	3,110	1,718	902
交 通 事 故	件 数 (件)	77	201	59	120
	死 亡 (人)	0	4	1	0
	傷 者 (人)	138	308	102	182
(事故件数/km)		19.3	35.9	28.1	33.3
事 故 率	件 数	83.1	125.7	111.8	138.4
	死 傷	148.9	195.2	195.1	209.9
事 故 内 容	人 対 車 (件)	1	18	5	9
	車 両 相 互 (件)	74	180	53	108
	そ の 他 (件)	2	3	1	3
車 両 間 の 相 互 性	正 面 衝 突 (件)	4	5	2	1
	追 突 (件)	53	109	37	70
	出 合 面 衝 突 (件)	3	7	0	7
	右 折 時 側 面 衝 突 (件)	9	27	7	20
	そ の 他 省 略	—	—	—	—

大阪府警：交通事故統計(48)  
昭和49年度交通情勢調査結果

通行帯別交通量 (49.10.8, 15.00～17.00)

					計	(%)
大 型 車	37	265	434	736	10.5	
普 通 車	809	2,742	1,881	5,432	78.3	
軽 自 動 車	164	344	159	667	9.6	
二 輪 車	94	8	13	115	1.6	
自 転 車	31	0	0	31	—	
計	1,135	3,359	2,487	6,981	100	
(%)	16.3	48.1	35.7	100	—	

著者が大阪府道 京都守口線において試行した 交通事故対策を第1義とした標識のあり方について述べる。<sup>6)</sup> 本路線は大阪と京都を結ぶ平面幹線道路で、当時交通事故多発のワースト路線の一つにもあげられ、年間約 30 件/kmであった。道路施設としては表 4・11のとおり 両側一般上げ歩道をもつ6車線車道であった。そして 車道は 中央に1本の白線(巾約15cm)を境に対向車がすれちがい、片方向は2m、3m、3mの路面白線による車線から構成されていたので、側方空間余裕も狭く 大型車の通行には狭隘な感じはまぬがれなかった。また交差点においては 交差点内の車線誘導位置の明示もなく、右折車両は対向直進車を避けて中央付近で停車すると、後続直進車は停車中の車両に妨げられて走行できない状態であった。このため交差点の交通容量が極度に低下し、追突 右折時衝突事故が多かった。

そこで 交通流の性質(駐車、右折車両待位置、車種構成等)、沿道開発利用の実態(沿道工場の出入口位置と幅、民地内での駐車、停車車両構成とその予想される走行跡等)を知るために、路線に沿って垂直連続航空写真(1/1000のモザイク写真)を撮って、利用の習性をまづ解析した。

交通流の乱れは 走行車両が徹底した車線主義を自主的に守るような誘導施設の提供である。すなわち、運転者の自発的な意識高揚で道路における車両の整理整頓である。そこで 単路部へのペンキによるゼブラマークによる中央帯の設置、交差点流入部に 右折待車両用の待期車線の設置を行った。さらに 大型幹線道路相互による広い交差点の流入部に遠方から視認しやすい車線誘導のための跨道型構造柱を設置し、車線ごとに1:1で対応する行先案内板を掲示した。このことによって、沿道地域の建物 看板 広告に負けない注視刺激のある場所に 交差点の予告と車線誘導のための行先を標示し、十分な余裕時間を持って運転者が交差点の流入部に到達するまで、目的方向への車線に移行できるよう標識構造物のもつ副次効果を活用し、路面標示による車線誘導を補強した。さらにこの標識構造物を 路線としての固有の雰囲気作り、現在位置の確認道具とするため 交差点の流出部にも行先方面の標識を掲げて 運転者への走行方面の信頼性に寄与させた。

交差点の車両の交通流を 秩序正しい層のような車両の流れを自然に発生させるためには、この構造柱は交差点内の極く限られた位置に設置することが望ましい。構造柱の強度設計は部材の大きさ、断面の太さを気にしなければ与条件に対応できるが、柱の基礎工設置位置は、多くの地下埋設物、軟弱地盤の決められた場所へ基礎工を設けるので、与条件のなかで 地盤の受動耐荷力を期待するのには限界がきやすい。これにたいして 道路構造令に従うと、標識板は その目的使命の耐用年数、社会資産としての価値などからみて、ほとんど吹いたことのない風速 50 m/sec まで固定す

るように推められている。また 標識板は広い受風面積（4～6 m<sup>2</sup>/枚）で、多数枚（6～8枚）を路上 空間（5～7 m）で固定すると、大きな風荷重を頂点でもつ片持梁の設計となり、この外力にたいして 構造柱の設計は苦しく、基礎工は 鋼管埋込によるパイルベント方式では対応できなくなってしまう。一方 これにたいして 運用面からみると ある風速を越えると（台風時など）人の社会生活は非常状態に入り、道路の案内標識として機能・使命を求められていない時間帯がある。従って、標識機能を要しない時間帯にまで台風荷重に対抗する必要を認めにくいので、常時には標識板を視認性の許す範囲で固定し、ある一定風速以上になると、風にさらわれない柳の葉のように可振させて 風荷重を小さな外力として耐え、風がおさまると本来機能が自然に復帰して<sup>7)</sup>いることが望ましい。このような挙動・機能を持つ標識板の懸垂装置の開発が急務であった。従っ<sup>8)</sup>てこの課題を図 4・16、表 4・12 のように取り組むとともに、施工が容易な構造柱を研究開発し、<sup>9)</sup>これらをまとめて標準図集にまとめた。

以上の調査研究の成果を 京都守口線 7 km の現場で試行した結果、交通事故発生件数も減り好評であった。しかし 著者自身 この課題を系統的に解明するため、運転者の利用意識として運転者自身が自主的に車線主義を守り、交差点部での秩序正しい単純な形で車の層のような流れを発生させるための施設のあり方と、運転者の施設にたいする予告と信頼性の確立、車線誘導への視認性の高い 構造的に安定した 跨道型標識板懸垂構造柱と懸垂装置の研究開発を試みた。

先づ、運転者の運転感覚の刺激の窓口としての眼の動きについて、高速道路の調査結果を整理し、道路規格の低い平面幹線道路への演繹 及び 京都守口線の改修後にたいするアイマークカメラによる現場実験から<sup>10)</sup>注視野（図 4・17、18） 注視対象物までの注視距離、到着時分と 運転者の対応余裕時分などの関係を整理した。次に 運転者が眼を通じて受けた刺激にたいし応答判断できるかの知識として、地図地域 行先名にたいする予備知識を試べるため、日頃この種の業務にたづな<sup>11)</sup>わっている日本自動車連盟（J A F）職員による利用者意識のシステム化を知るための座談会と大<sup>12)</sup>阪府警本部による運転免許所持者によるアンケート調査を統計処理し、運転者が標示対象物として馴染やすい対象物の知名度を解析し、その優先順位を求めた。（図 4・19、表 4・13）

これらの結果を用いながら 京都守口線での実施成功例を大阪府下全域に適用できるように 案内標識板による情報の提供法として 現行法令類の欠陥を指摘しつつ、路線種別 交差点の分類情報内容の連続性による利用者意識の培養もふまえ、府下全域への計画案をまとめた。

一方強風に耐える標識構造柱として、既存普及型の欠陥を ソフト面・ハード面から指摘し、そ

の改良開発のため設計の基本となる風速を選定するために、台風記録と 日常吹いている風速の観測値を整理した。(図 4・20、21、表 4・14) また人の社会活動と、風速の関係からBeaufortの風力階級を参考に、天然現象としての風を、如何に小さい外力として受けとめるかについて、標識板<sup>13)</sup>形状の幾何寸法による抗力係数の変化と、これらに対応しやすい板の懸垂装置を研究開発し 実用化に結びつけた。また これらと組み合わせて使用される 美しく 単純な形状の 施工性の良い、かつ将来の路面の交通運用・管制の変更による板の懸垂位置の追加・変更にも簡単に対応できる構造柱を研究開発し 種々の道路巾員にたいする数種類の標準図書をまとめて 大阪府土木工事標準図集に納めた。(図 4・22、23)

以上のように運用・供用が相似・類似である施設整備の設計計画管理にあたって、その社会要因の母集団を広げてその土木構造物が発揮できる機能・効果のルーツを広く探り、それらを組み合わせて共存さすことの事例を述べた。このような道路標識構造は、標示枚、懸架装置、懸架台構造の開発と構造柱の工場製作と現場施行の容易さを中心に、施設のもの財政学的社会資本よりも 経済学的消耗施設との見方を 高い優先度要因として取り扱った。その意味では、深く 広く研究・検討した土木構造物は、汎用普及型として取扱いの簡便な標準図集にまとめられた。しかしながら、輕易施設であっても その手法・手段は Renewal/Recycle Systemによって目的が達成されていることを述べた。

図4・16 道路案内標識構造の副次機能を公安委員会の本来目的への活用した流れ図

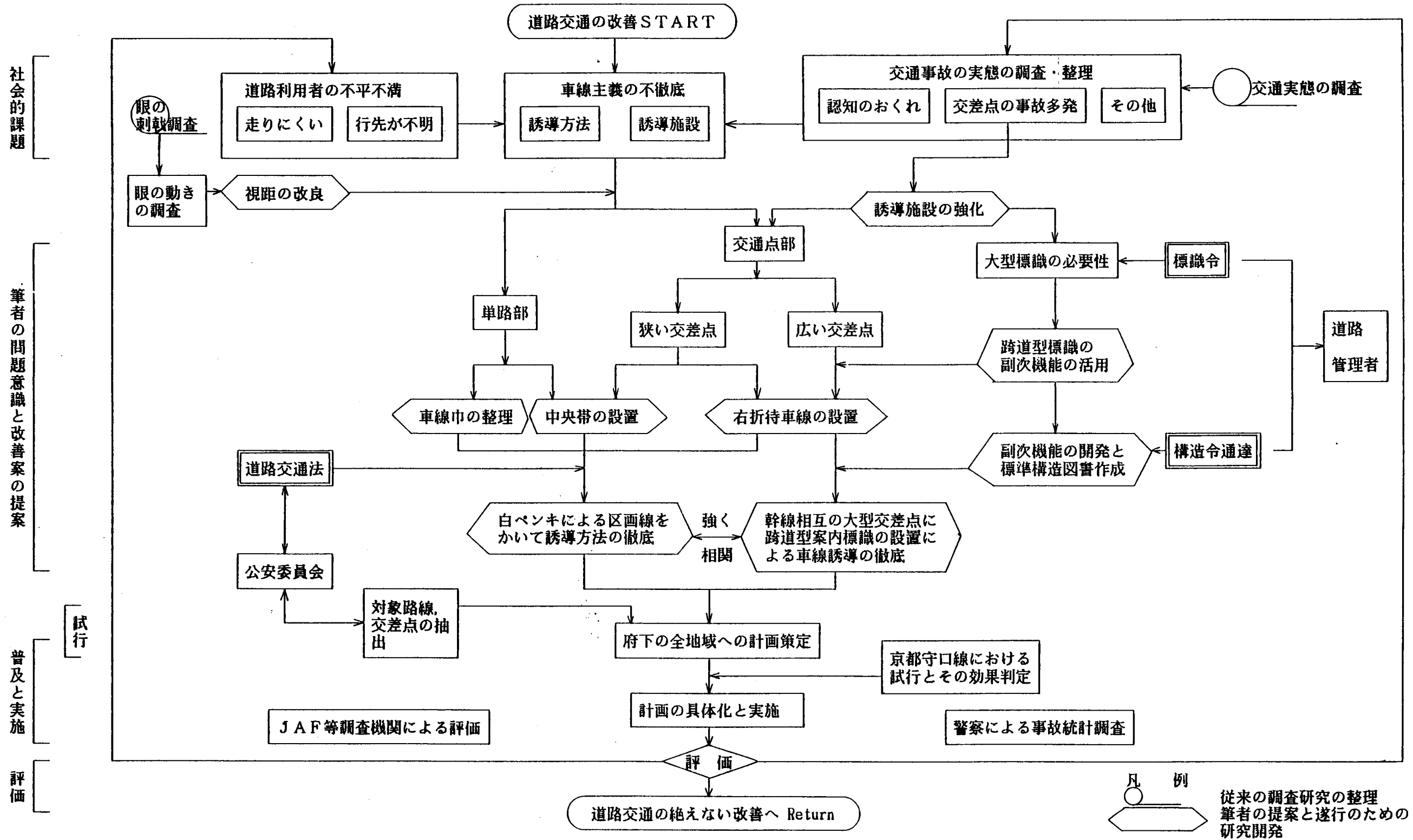






表 4・12 吊垂装置機構の比較表

1 区 分	I 現 行 普 及 型	II シャフトとシャ ーピン型	III シャフトのみ型	IV チェーン型	V 板 パ ネ 型	VI カムとパネ型
2 型 式						
3 耐風による振れ	固 定	固 定	シャフトの摩擦抵抗がある	ほとんど自由に振れる	パネ力の強さに応じて振れる	固 定
4 強風時にたいし	ピンは両端セン断又は引張破壊して後自由に振れる	ピンは片端セン断又は引張破壊して後自由に振れる	自由に振れる	自由に振れる	風速に応じて抵抗力を増す	カムが働き設定の応答を示す
5 強風時	ピン破断面の力へり次第で自由に振れる	自由に振れる	← 同左	← 同左	破壊の恐れあり	自由に振れる
6 強風がおさまったとき	ピンの破断面の力へり次第で吊れ下って戻振れる	吊れ下って振れる	3→IIへ復帰	3→IVへ復帰	5→Vの状態により3→Vへ復帰	3→VIへ復帰
7 経年による疲労	ピンは疲労	← 同左	(軸受摩擦)	← 同左	(異常なし)	← 同左
8 衝突にたいする復帰性	なし	← 同左	異常起らず	← 同左	6→V	異常起らず
9 落下性	なし	← 同左	← 同左	← 同左	7→V	なし
10 異常音	なし	← 同左	摩擦の微音	← 同左	なし	← 同左
11 維持	補修は困難	補修は普通	不要	← 同左	補修は困難	(取り換え)

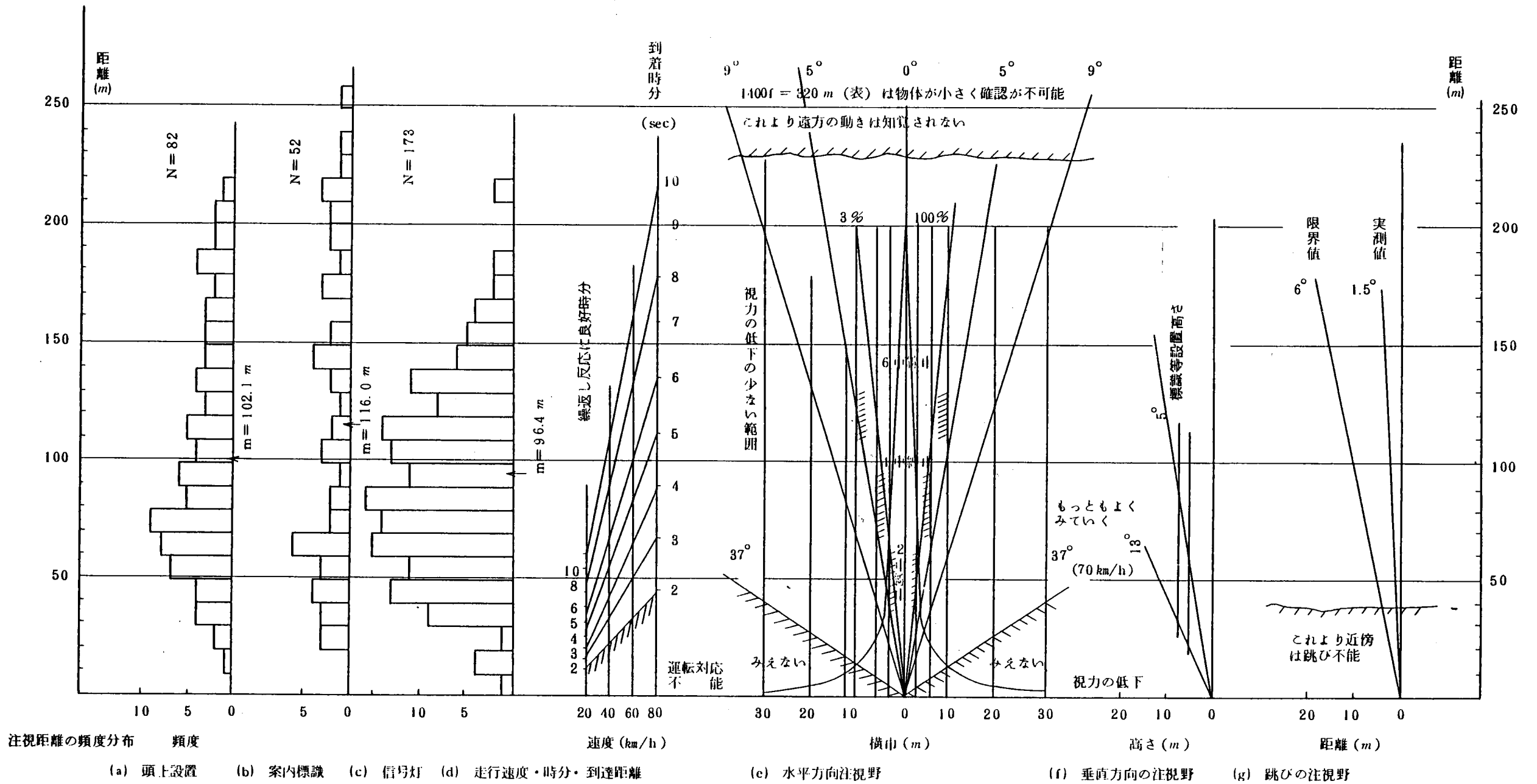
#### 吊垂装置の目的

- 1 外見上不自然な姿をしていない。
- 2 (たとえ可振型でも) 常時の振動周期は長く、風による共振で余分の力を起こさない。
- 3 強風下では板は風にさからわず、傾きながら逃げて風圧を受けにくい。
- 4 板は過積載車両の衝突があっても、傾いて逃げて大事に致らず、その後人口的な手を加えなくても機能を復元する。
- 5 吊垂装置機構は破壊しにくい、たとえ破壊しても部品を飛散落下させない。
- 6 きしみ音がない。
- 7 10年程度は維持補修を要しない。
- 8 将来、板の吊垂位置に変更があったとき、自由に簡単に対処できる。
- 9 製作費が安価、あるいは柱構造、基礎工をあわせると低廉になる。

表 4・13 対象物による知名度の高い、低いと思われる要因

	交 差 点 名	市 町 村 名	橋 梁 名
知名度の高い理由	<p>交通量の多い幹線道路相互の交差点</p> <p>広域背後地にたいする拠点</p> <p>主要署名鉄道駅名と同一名</p> <p>商業業務地の中心核</p> <p>都市高速道路の平面道路への起終点</p>	<p>市制が古くかつての地方都市核であった市</p> <p>市町村名が大型商業業務地であるところ</p> <p>人口の多い市</p>	<p>広域幹線道路にふくまれる橋</p> <p>大きな河川にかかる長大橋</p> <p>大河川にかかる橋でその上下流域まで遠いところ</p> <p>橋自身が歴史的由所をもつ長大橋</p>
知名度の低い理由		<p>市制施行が新しいところ</p> <p>人口の少ないところ</p> <p>特筆すべき拠点特徴の少ないところ</p>	<p>河川に並列した数多くの橋があるとき</p> <p>物語にでてくる橋でも由所の少ないもの</p>

図 4 - 17 注視野・距離・時分



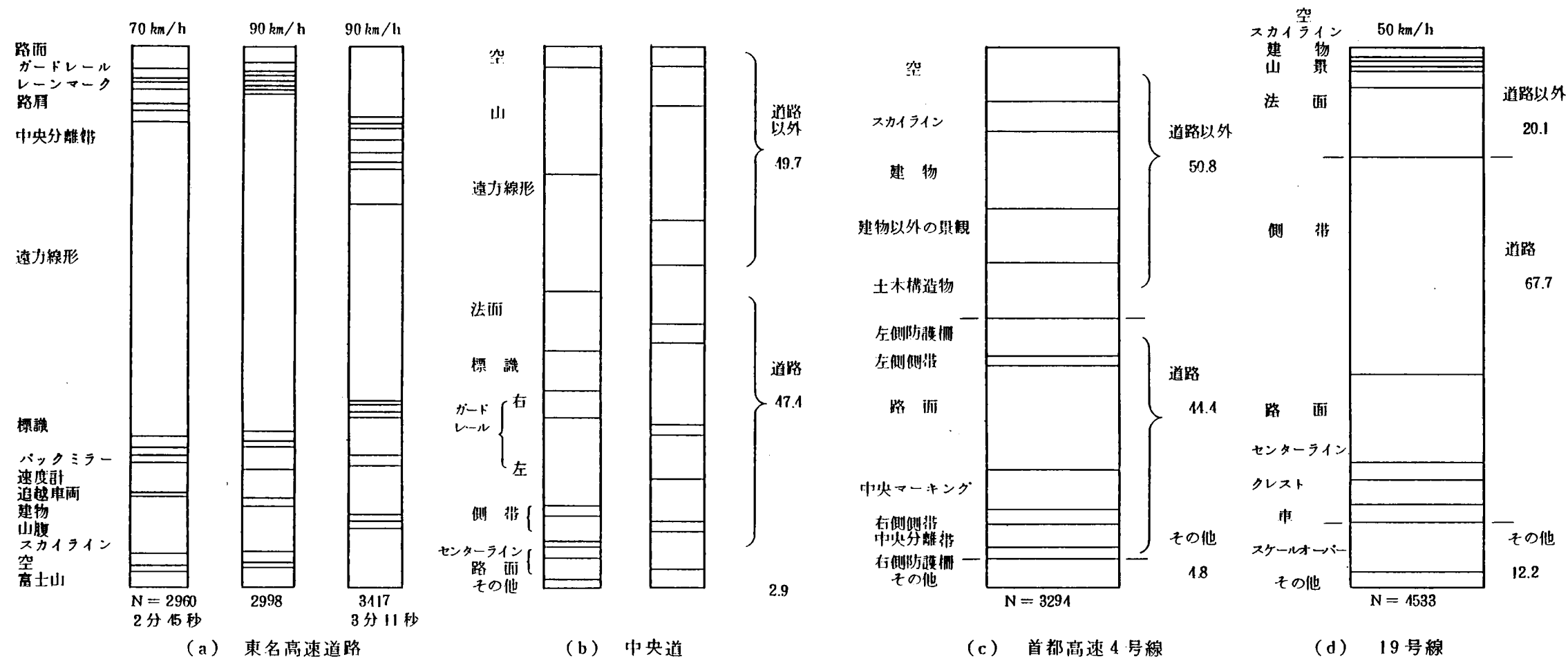


図 4 - 18 注視時間比率

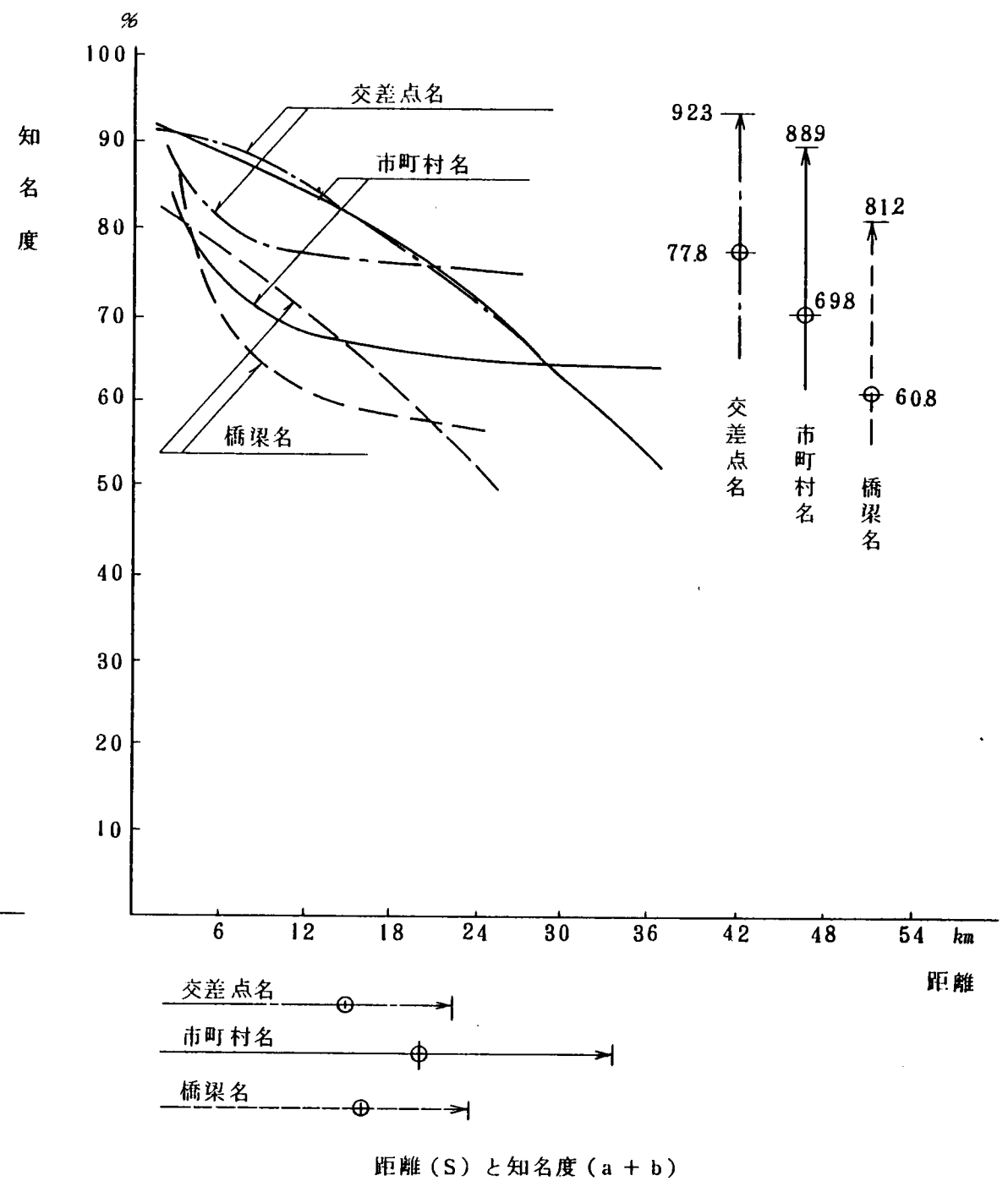
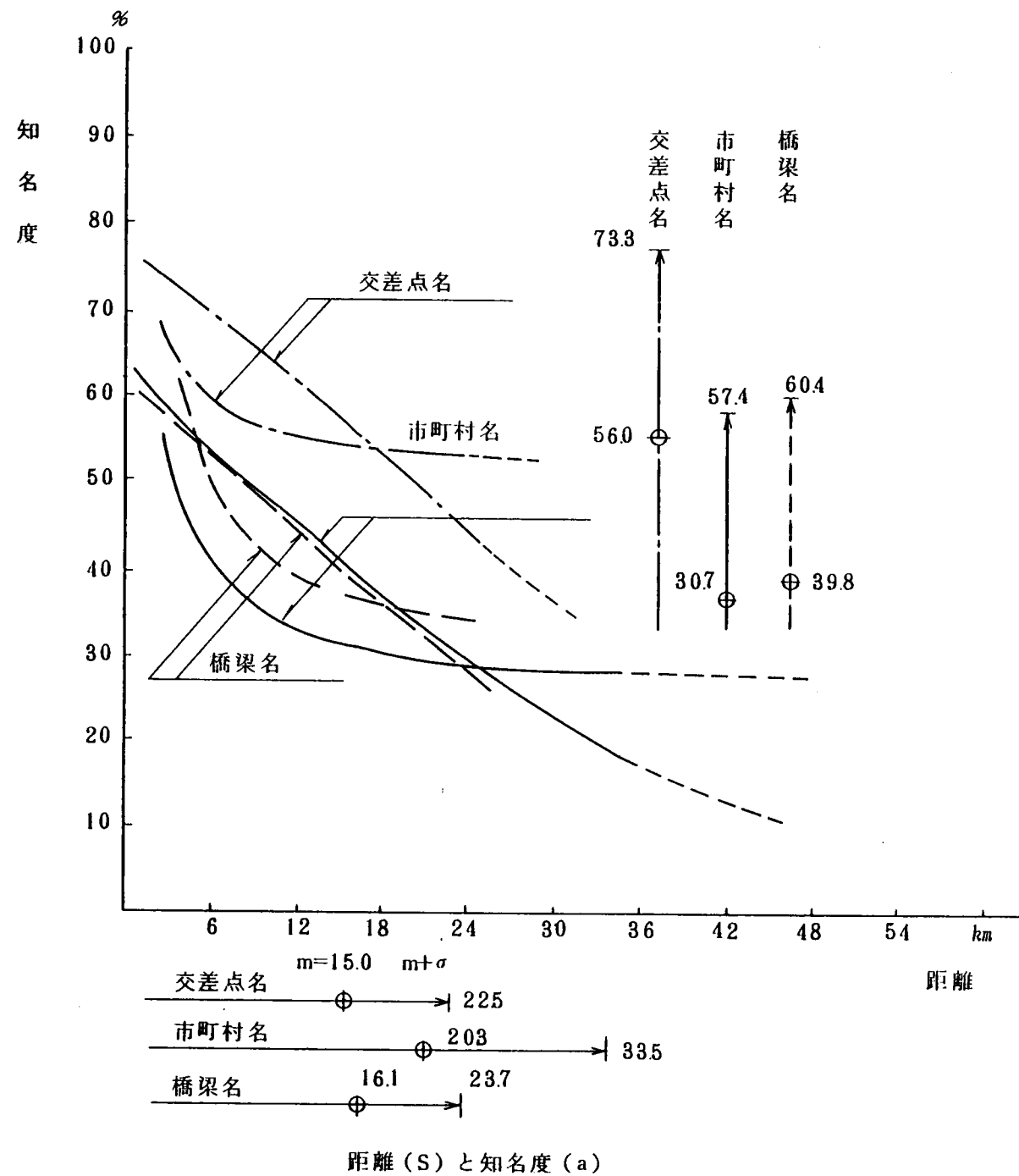


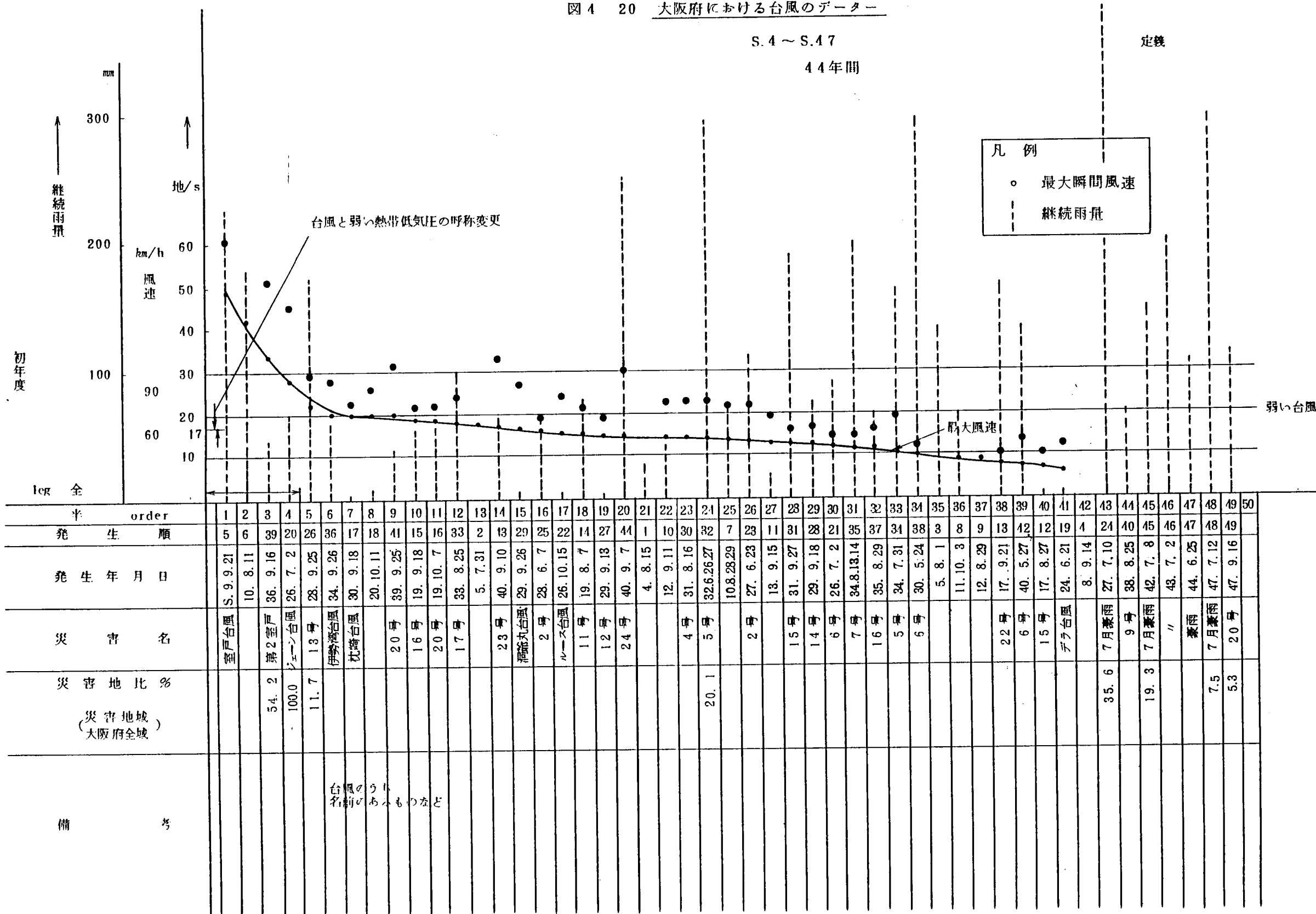
図4-19 交差点名  
市町村名  
橋梁名 } と知名度の重ね合せ

図 4 20 大阪府における台風のデーター

S. 4 ~ S. 47

44年間

定義



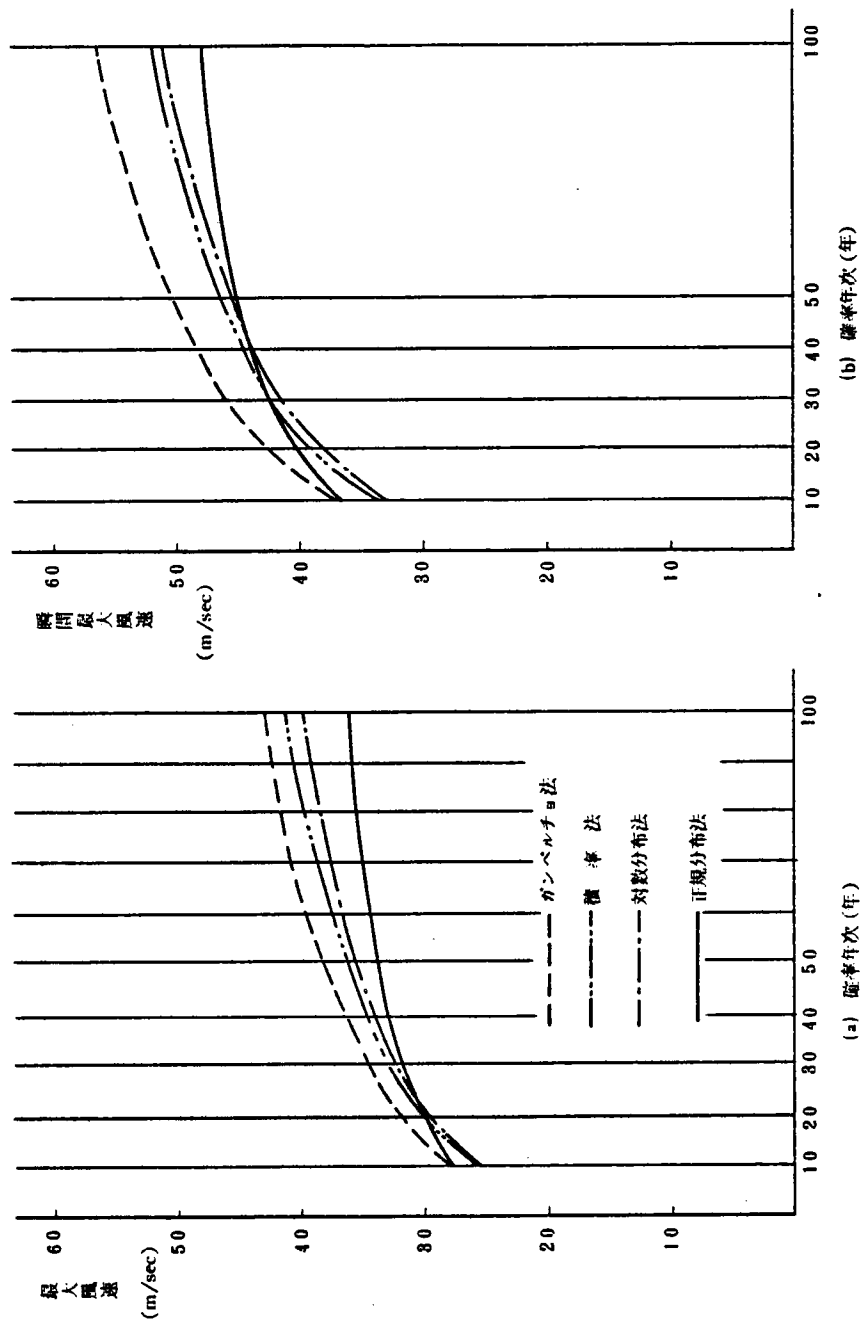


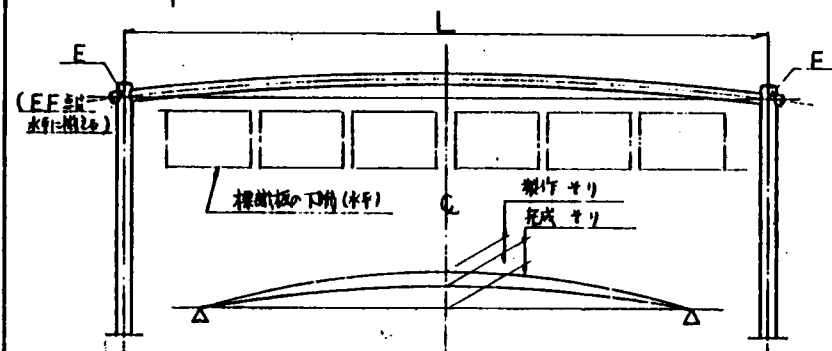
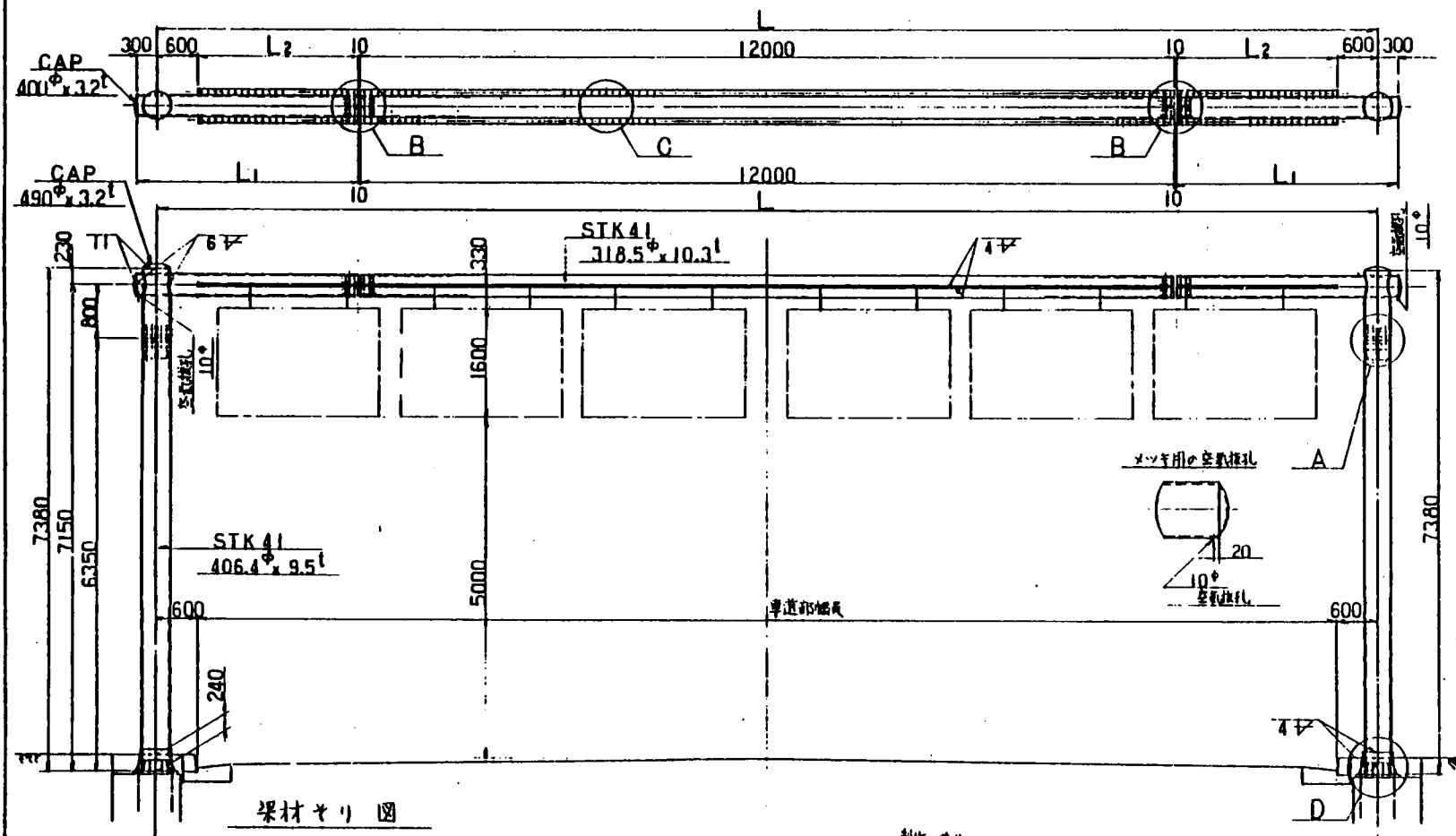
図 4-21 確率年次と風速

表4-14 堺市立若松台中学の昭和49年4月の時間毎風速頻度表

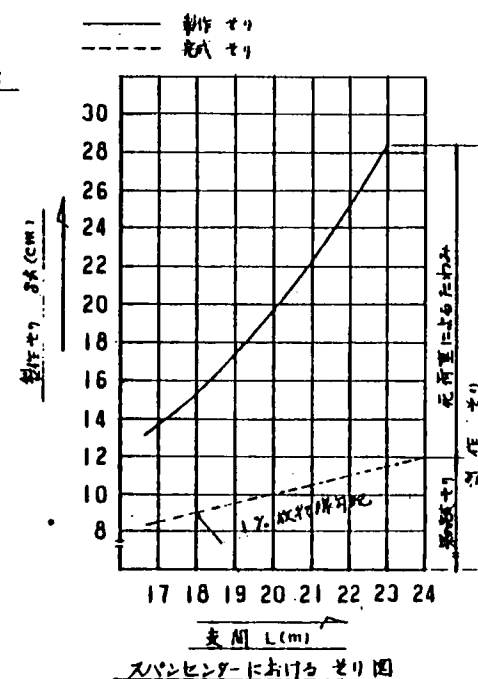
階級	風速 m/sec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	刻 (時)	5	6	7	8	9	20	1	2	3	4	頻度 回数	頻度グラフ
0	0 ~ 0.3	1			2		2	2	1							1						1					10	
1	0.3 ~ 1.6	5	6	8	9	4	8	10	6	4	3	7	3	4	4	1	2	3	5	10	4	5	8	6	7		132	
2	1.6 ~ 3.4	14	13	11	10	15	10	9	11	9	9	10	11	11	13	16	13	17	11	8	14	14	12	14	13		287	
3	3.4 ~ 5.5	6	7	6	7	5	7	4	6	11	12	4	8	8	4	6	6	3	8	7	9	9	6	9	9		167	
4	5.5 ~ 8.0	4	3	5	2	6	3	5	4	5	5	5	4	3	5	3	5	5	5	4	1	4	2	2	1		91	
5	8.0 ~ 10.8	1							2	1	1	4	2	2	3	2	2	2	1	1	1						25	
6	10.8 ~ 13.9											1	1	1	1	1	2										6	
7	13.9 ~ 17.2												1														2	
8	17.2 ~ 20.3																											
																											24×30 =720	



支	N1	18~23m
道路横断勾配		両勾配



材料総括表		(1基当り)		
名称	規格	単位	数量	摘要
樺鱗板		枚		
吊下げ金具		個		
支柱	STK41	kg		ベースプレート等含む
捨枠		kg	84.95	
下力米川	E-30 <sup>中</sup> 600	kg	32.40	

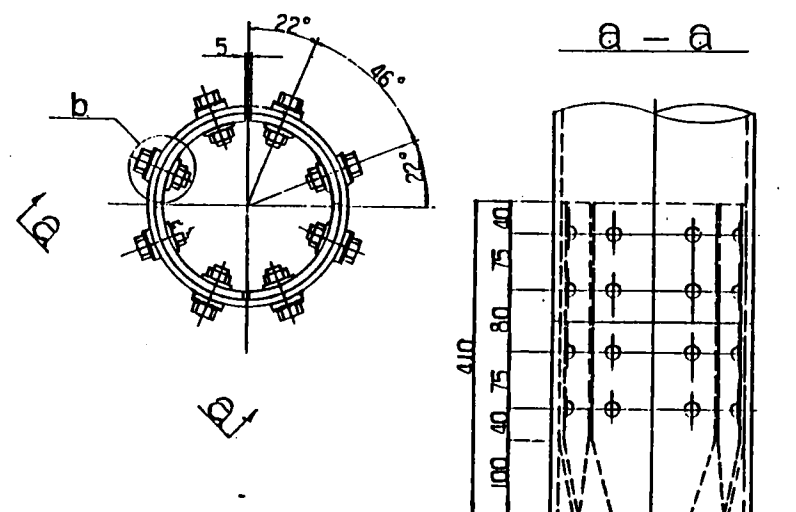


- 注) 1 標識柱は溶融亜鉛メッキ付重量 500 g/m<sup>2</sup>以上 (JISHDZ 50) とする。
- 2 柱および梁に使用する素蓄は1本ものとし 指定箇所以外の 途中継ぎは行なってはならない。
- 3 梁の そり は死荷重(梁、標識板自重)メッキ施工時の変形量と勘案して最終の そり が1%放射線勾配となるように決定すること。
- 4 標識板の下端はレベルとなる様に標識板吊下げ金具取付部材の長さを決定すること。
- 5 標識板の高さ寸法が1.6 m以上となる場合は支柱の高さと変更しなけければならない。(空欄高 5.0mを確保することできない)
- 6 標識柱主材中心線と縁石前面の距離は600mmと標準とする。
- 7 梁および吊下げ金具取付材の寸法(L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>)は設置現場の測量の結果より決定するものとする。
- 8 標識板吊下げ金具および基礎は別図参照。
- 9 吊下げ金具の長さ計算は別図(11-4-4~6)参照
- 10 図中A B C D(各詳細図)は別図(11-3-7)参照

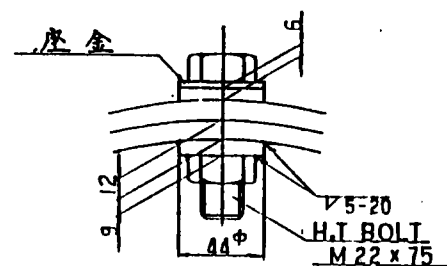
材料表		(1基算リ)					
材種	材質	寸法		数量	単価重量	重量	摘 要
		断 面	長 寸				
PIPE	STK41	406.4 $\phi$ x 9.5 <sup>t</sup>	6350	2	93.00	1181.10	主材 (下)
'	'	'	1030	2	'	191.58	' (上)
'	'	318.5 $\phi$ x 10.3 <sup>t</sup>	12000	1	78.30	939.60	梁 材
'	'	'	(L1)	1	'	(G)	'
E.B	SS41	75 x 10 <sup>t</sup>	12000	2	5.89	141.36	吊下付金具取付
'	'	'	(L2)	2	'	(H)	'
PL	SM41A	650 x 32 <sup>t</sup>	650	2	163.28	212.26	ベースプレート
'	SS41	120 x 10 <sup>t</sup>	150	16	5.65	13.56	リブプレート
'	'	150 x 6 <sup>t</sup>	1280	2	7.07	18.10	保護プレート
'	'	490 $\phi$ x 3.2 <sup>t</sup>		2		9.47	頭部キヤツプ
'	'	400 $\phi$ x 3.2 <sup>t</sup>		2		6.31	梁キヤツプ
'	'	300 x F2 <sup>t</sup>	410	8	28.26	92.69	柱 継ぎ
'	'	230 x 12 <sup>t</sup>	320	8	21.67	55.48	梁 継ぎ
HTBOLT	F10T	M 22	75	128		65.28	柱梁継ぎ部
WASHER	SS41	44 $\phi$ x 9		256		20.48	'
小 計						2947.27 + (G) + (H)	
ANCHOR BOLT	SR24	30 $\phi$	600	8		32.40	NUT WASHER - 24
PL	SS41	130 x 10 <sup>t</sup>	650	8	10.21	53.09	アンカープレート
'	'	'	390	8	'	31.86	'
小 計						117.35	
PL	SS41					J	吊下付金具取付部材
合計		I	+ 117.35 +		J	=	K

	道路標識Ⅰ
	支柱
	オーバーヘッド方式 (L-18~23 <sup>m</sup> 両対応)

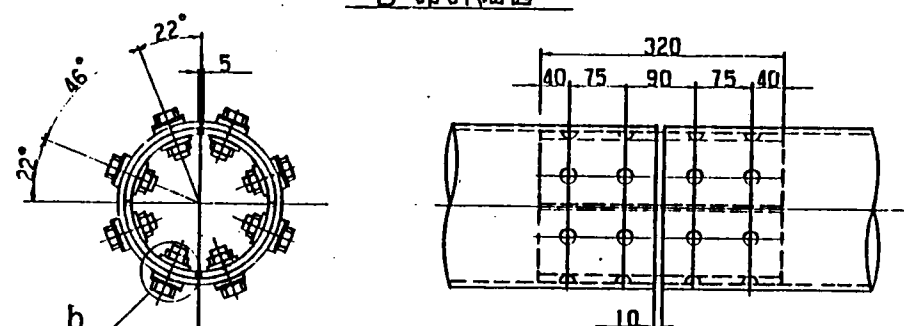
### A 部詳細図



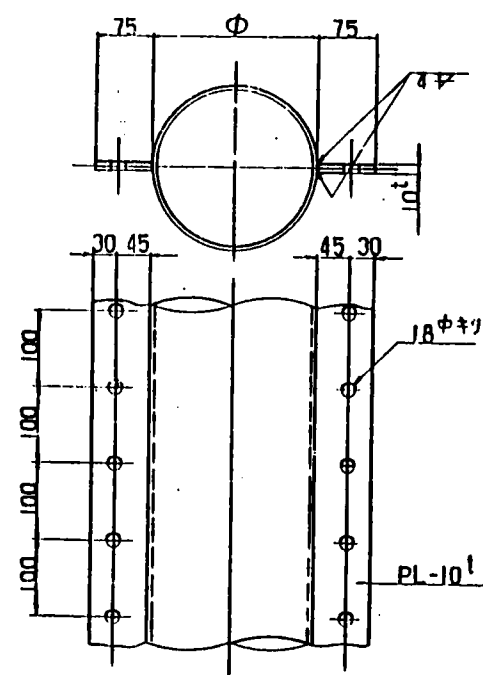
### b 部詳細図



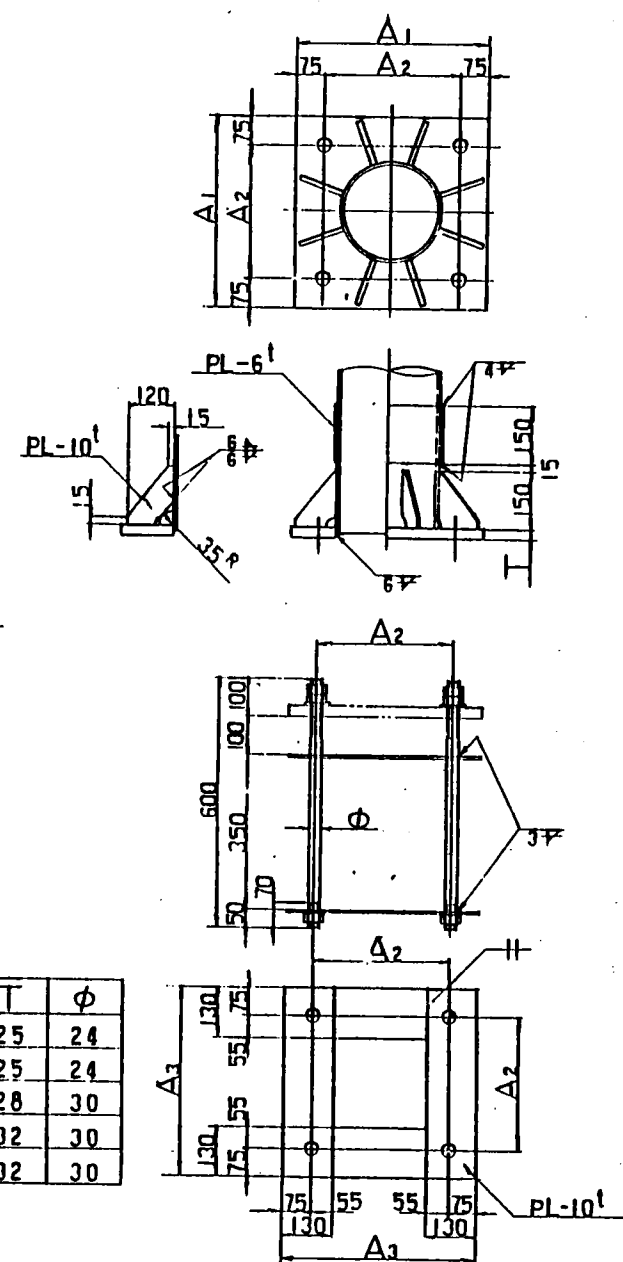
### B 部詳細図



### C 部 詳細図



### D 部詳細図



D 部 (柱脚部) 寸法表

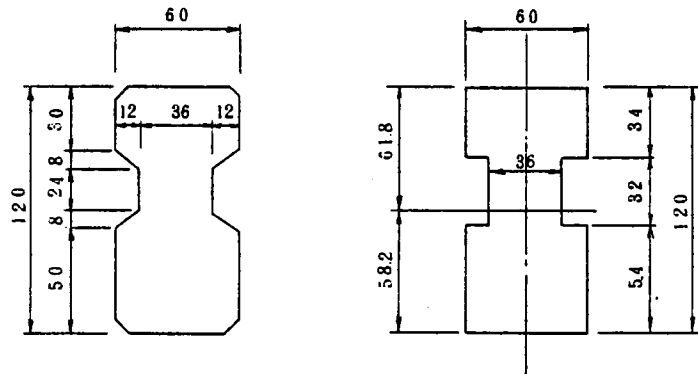
L	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	T	φ
9 <sup>m</sup>	450	300	450	25	24
9 ~ 11 <sup>m</sup>	500	350	500	25	24
11 ~ 15	500	350	500	28	30
15 ~ 18	550	400	550	32	30
18 ~ 23	650	500	650	32	30

	道路標識工
	支柱
	オーバーヘッド方式 各部詳細図

#### 4-4 モノレール軌道におけるシステム（軌道構造本体施設）

国鉄大船駅と横浜ドリームランドを結ぶ約 5.4km の跨座型モノレール<sup>14)</sup>が 昭和41年 5月に運転を開始した。その構造は 昭和40年制定のモノレール設計基準（日本モノレール協会による私的振興基準）に従ったと報告されているが、運転開始をはじめて数年をまたず 軌道構造が供用に耐えな  
いほどの欠陥が目立って車両運行を止めてしまった。その欠陥の現象というのは標準型として採用  
した図4-24の断面形状を持つPC軌道桁に多数の亀裂が入り 安全性が保証されなくなったためと  
聞く。設計荷重としては図4-25のような1つの台車に前後2両の車体が跨って乗る3両ユニット  
構造で、その単軸重あたりの荷重は8 ton である。また標準桁長 19.5 m にたいし 活荷重によ  
る衝撃係数は0.225 をとっているので、鉄道橋として 死活荷重による曲げモーメント比は1.33倍  
、曲線部における列車走行を 60 km/h とすると、遠心力は 1.13 ton / 輪軸 は跨座型モノレ  
ール構造として普通の諸元である。

図4-24 横浜ドリームランド線の軌道桁断面及び車両



桁長 19.96 m

支間 19.5

$A = 6548 \text{ cm}^2$  (換算断面)

$I_x = 8.604.000$  ( " )

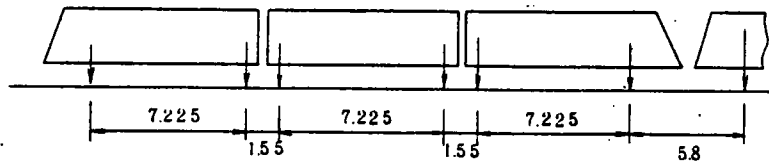
8.456.000 (現物寸法断面)

$I_y = 1.708.000$  ( " )

$\frac{I_x}{I_y} = 4.95 \text{ 倍}$

図 4-25 設計荷重諸元

$P = 8 \text{ ton}$



$$\frac{M_{\ell+i}}{M_d} = \frac{104}{78} = 1.33$$

$R = 200 \text{ m}$  のとき桁の振りモーメント

$$\frac{M_{\ell+i}}{M_d + M_{\ell+i}} = 0.57$$

死荷重  $T_d = 2.7$   $\left. \begin{array}{l} \text{t-m} \\ \text{t-m} \end{array} \right\}$  支承線の偏心による  
活荷重  $T_{\ell+i} = 3.2$

遠心力  $T_f = 1.13t \times 1.5 \text{ m} = 1.7$   $\text{t-m}$

計  $7.6$   $\text{t-m}$

ドリームランド線の車両の単位長さ当り重量は、 $8 \times 6 + (3 \times 7.225 + 2 \times 1.55 + 5.8) = 1.6$   $\text{t/m}$  でこれを枠内で計算した都市モノレール基準と比較すると1.8倍となっている。すなわち車長当り重量は相当軽く仕上げる必要があった。

乗員荷重	100 人/定員 $\times$ 265% $\times$ 0.060 t/人 = 13.9t
	混雑率 体重
車両自重	26.5t
	42.4t
余 裕	1.6 t / 両
車両構造からの制限 (ゴムタイヤ) 11 t/輪 $\times$ 4	44.0t
車両長さ 1 m 当りの単位重量	44t $\div$ 15 m = 2.9 t / m

運転休止と与儀なくした桁の破損・破壊の直接的原因は 現在係争中で手元に確かな情報・資料がないのが、建設時の技術報告書から著者なりに推論を出すと次のようなことがあげられる。

まづPC軌道桁について考える。設計計算書によると、曲線半径 200mの部分 は 軌道面を車両走行によって生ずる遠心力との均合のため 桁の主軸は傾けて据え付ける。さらに 曲線部のため支承線を結んだ線にたいし、支間中央では桁の軸心は外側に偏位している。これらによる捩り力が断面に生ずる。いま Saint Venant の単純捩りをうける矩形部材の組み合わせを考えると ねじりに伴うせん断応力度は $24.3\text{kg/cm}^2$ でプレストレストコンクリート桁材の許容値以内である。

しかし 曲線部は軌道面は遠心力に均合するように据え付けられているが、もし列車が停止 あるいは徐行したとき計算の仮定は成立っていない。また軌道桁は10%の片勾配で据え付けられているので、明らかに軌道桁の断面主軸と重力の方向とは傾いている。このことは 断面の主軸以外の軸に関する曲げ応力が作用した場合で、非対称曲げ現象として計算しなければならない。

いま 部材断面寸法中 PC鋼材のコンクリートにたいする弾性係数比  $n$  を省略して、非対称曲げ理論による基本公式は

$$\frac{\sigma}{M} = \frac{\cos \phi \cdot v}{I_x} + \frac{\sin \phi \cdot u}{I_y} \quad (4.1)$$

とし、主軸の傾き  $\phi = 10^\circ$  とすると、 $\frac{\sigma}{M} (\times 10^6 \text{ cm}^{-1})$  を表わした初等力学による単純曲げ理論解との比は

$$\frac{\text{非対称曲げ理論解}}{\text{単純曲げ理論解}} = \frac{6.58+1.76}{7.31} = \frac{8.34}{7.31} = 1.14$$

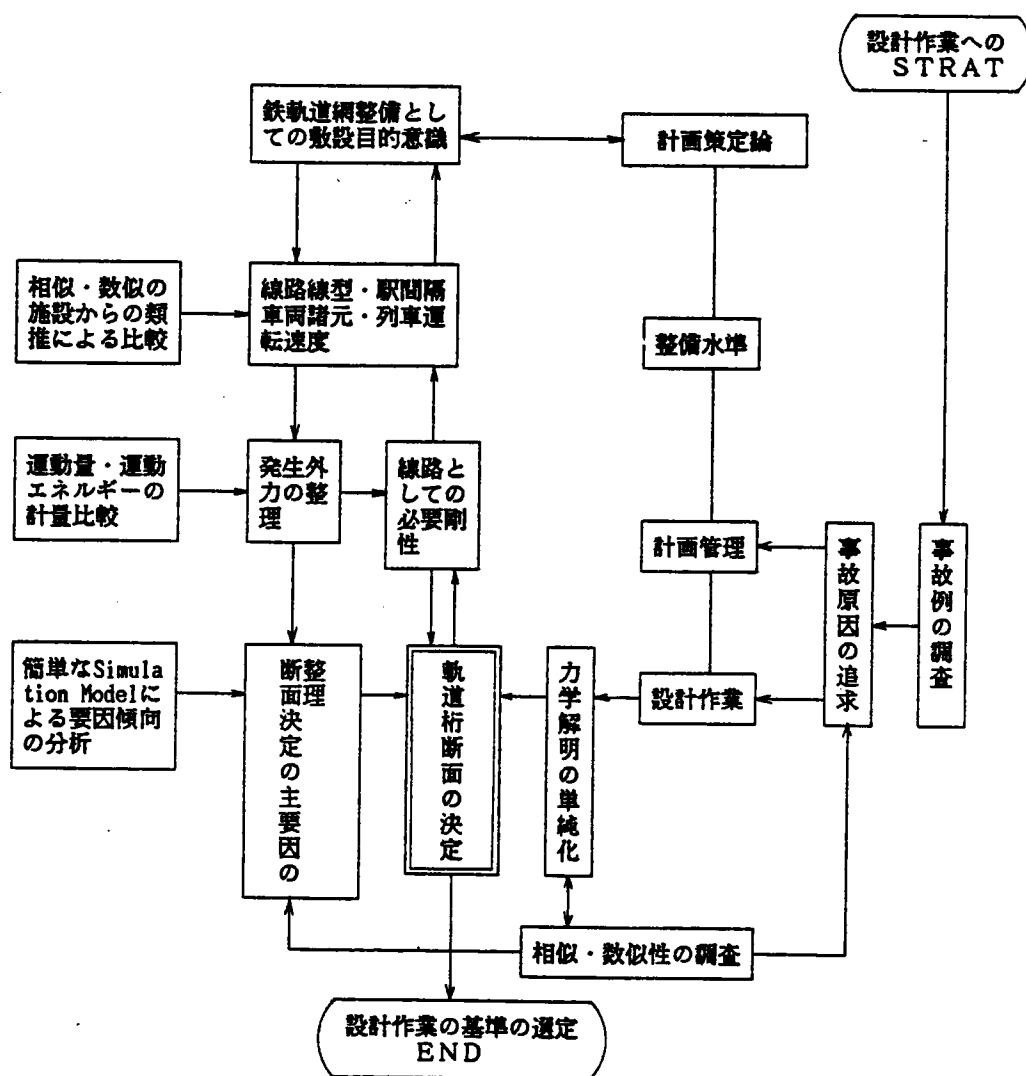
すなわち軌道桁の断面主軸が傾くことによって、桁は14% 強度を失っているといえる。

施行精度については 報文の写真から判断するだけでPC鋼線の配置精度、緊張による引張力導入の精度、型枠強度とPC桁の完成断面による寸法精度等 その他車両走行を休止するほどの安全性の喪失と、補修法の開発できないほどの 破損破壊が進んだということは、原因の複合があるとはいいいながら事業者として責任が追求されるところである。

以上述べてきたように 相似施設の事故例からその原因を追求して、大阪モノレールの軌道桁構造の断面決定に至った要因分析を述べる。要因分析作業流れ図は図 4・26の通りで 上述の事故原因のうち土木構造物に関するものは設計管理と設計作業における作用力としての外力と、反作用応力に対抗する軌道桁に関する力学性状を単純な系に分解してみるところから始まる。

跨座型モノレール車両は その建設費の経済性から I 型断面を持つ単純支持のPC桁を標準軌道として開発された運転システムをとっている。従って軌道が直線部においては図 4・27の通り 水平

図4・26 大阪モノレール軌道桁断面決定の作業流れ図



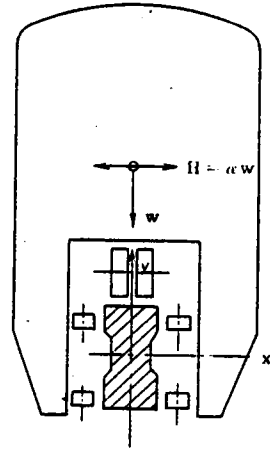
軸としての  $x$  軸に関して桁及び車両の死活荷重による曲げ力が作用し、この外力に抵抗する最適化は  $I$  型断面である。次に車両は走行中に横振れ運転をおこすので鉛直軸の  $y$  軸に関する水平力が発生し、この水平力による桁の曲げ力には  $H$  型断面が最適化である。また、車両の重心位置と軌道桁の中立軸心とはずれているので、車両走行によって桁には振りモーメントが作用し、その外力に抵抗する もっとも単純な（曲げ振りを省略した単純振りとして考える）断面は真円パイプ断面である。以上 3 つの力学性状整理され、これらの力学の最適化断面も 3 種類である。

曲線部においては 軌道桁の断面中立が支承線上からずれること、車両走行による遠心力と重力の合力線と 合力に均合のために軌道路面を傾けることによる影響が 直線部のそれに負荷されるが いずれもその抵抗断面の選定にあたっては  $x$  軸、 $y$  軸、 $xy$  軸に関する力学に整理される。

図4・27 作用力と反作用力の挙動と応答

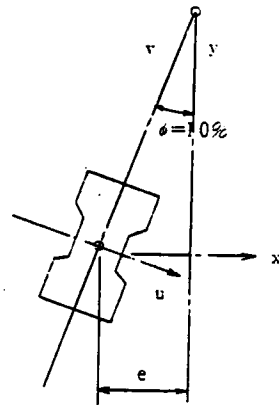
作用外力の性質

直 線 軌 道 部	x 軸	軌道桁死荷重による曲げ方	$M d$
		車両活荷重による曲げ方	$M l + i$
	y 軸	車両の横振れによる水平力	$H$
	x y 軸	車両の横振れによる回転力	$T$



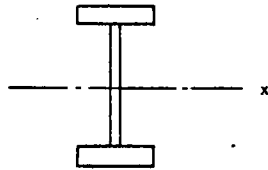
直線部に付加されるもののみ追記

曲 線 軌 道 部	y 軸	列車の曲線部走行による遠心力
		心力
	u v 軸	桁の曲りによる重心位置と
		支承線との偏心 $e$ による回転力





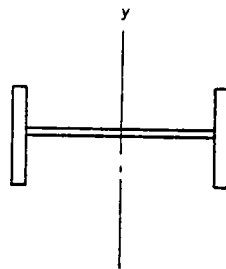
反作用応力の最適化断面



水平軸  $x$  にたいする

$I_x$

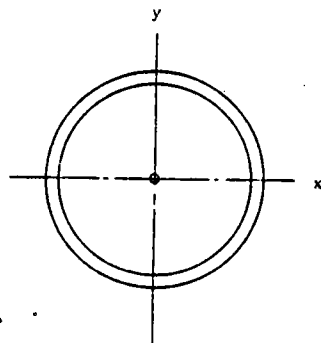
曲げ剛性



鉛直軸  $y$  にたいする

$I_y$

曲げ剛性



$x y$  軸にたいする

$I_{xy}$

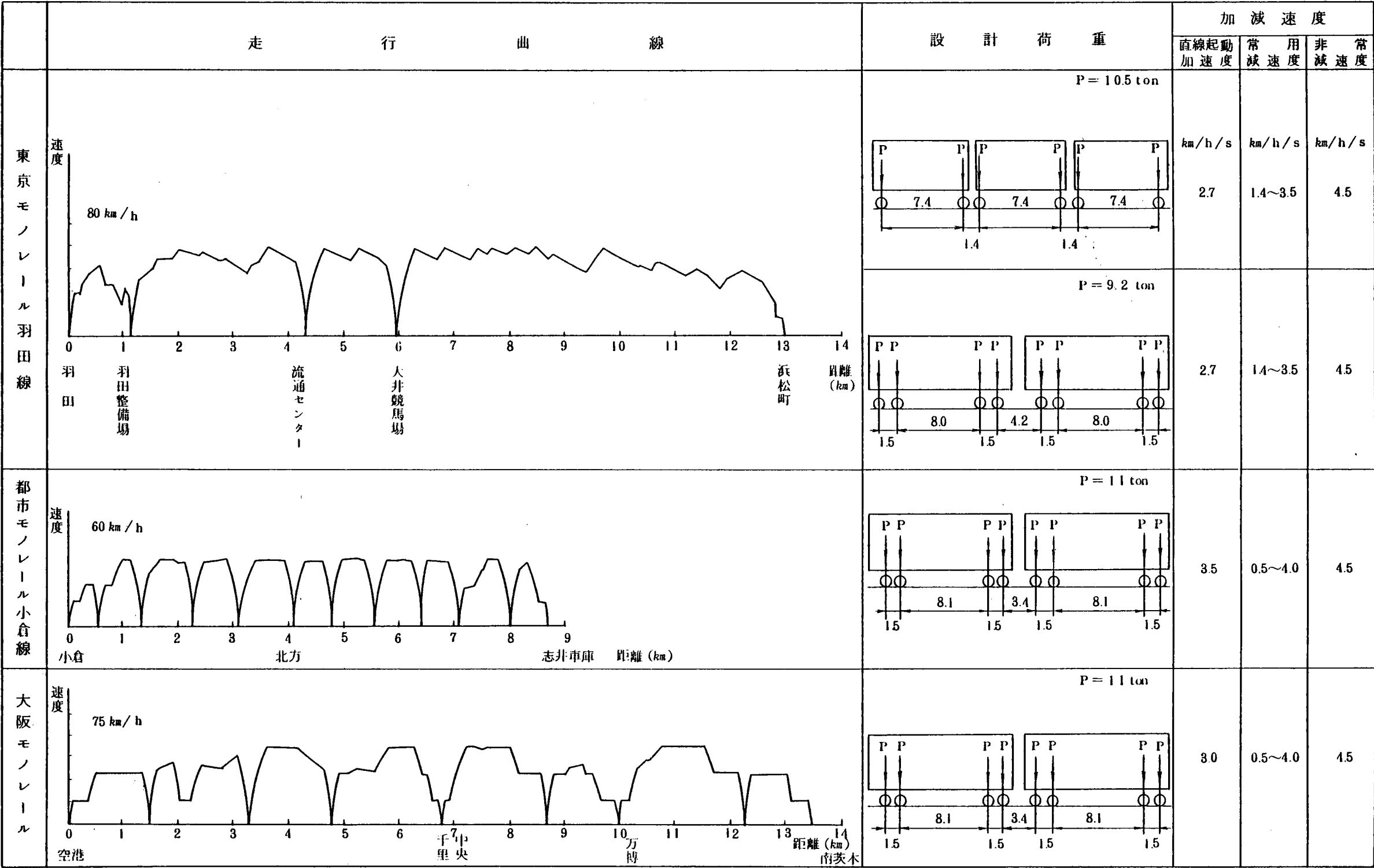
捩り剛性

構造物設計の慣習的手法は まづ設計条件として外力を与え構造部材断面を選んで応力度を検討し、最後に構造部材の変位変形量を求めることが定着化しているが、モノレール軌道桁では その順序は図 4・26 で示した通り発想を逆に用いている。すなわち 車両諸元は日本国内の車両型統一化の示した鉄道建設規程に従うが、その列車速度は線路線型条件・駅間隔で決められる。また それらを定める要因は、モノレール敷設目的が大阪広域圏の鉄軌道網整備の一環と位置付されている。従って当然のことながらハードな線路施設は、敷設目的を満たすことが条件で そのために 最高速度を 80 km/h に設定し、敷設地域の地域地形の物理的条件によって図 4・27 の通り運転速度を定めている。この点について相似施設として既に営業中の東京モノレール羽田線 及び建設中の都市モノレール小倉線とは設計基準値を検討するにあたっての前提条件が異なっているといえる。いま車両走行する発生力として 運動量〔(単位長さ当りの車両重量) × (運転速度)〕及び運動エネルギー〔(単位長さ当りの車両重量) × (運転速度)<sup>2</sup>〕を比較すると表 4・15 の通りで、羽田線にたい して約30%大きいことがわかっている。

表 4-15 羽田線、北九州線、大阪モノの発生力比較

		列車長 (m)	軸軸 重 (t)	車両の 重 量 (t/m)	運 転 速 度 (km/h)	運 動 量 ( $\frac{t}{m}$ ) ( $\frac{km}{h}$ )		運転エネルギー ( $\frac{t}{m}$ ) ( $\frac{km}{h}$ ) <sup>2</sup>	
						m v	比	$\frac{1}{2} m v^2$	比
羽田線	旧型	26.4	6 × 10.5	2.39	80	191.2	1.	7648	1.
	新型	30.6	8 × 9.2	2.41	"	192.8	1.01	7712	1.01
小倉線		29.0	8 × 11	3.03	80	181.8	0.95	5454	0.71
大阪線		29.0	8 × 11	3.03	80	242.4	1.27	9696	1.27

図4-27 都市モノレールの車両性能と運転曲線





このような列車走行によるエネルギーにたいして列車の走行安定性 及び乗心地を提供する軌道部の剛性については残念ながら前例がなく、一般鉄道における列車脱線防止のために設けられた、軌道整備規程（昭和49年11月 国鉄施達第5号）が類似である。

表 4-16 整備基準値及び仕上り基準値 (mm)

種別 線別 狂い種別	乙修繕整備基準値				丙修繕整備基準値				仕上り基準値	
	甲線	乙線	丙線	丙 中 簡易線	甲 線	乙 線	丙 線	丙 中 簡易線	各線別とも共通	
									一般 区間	コンクリート 道 床
軌 間	+ 10 (+6) - 5 (-4)								(+ 1) (- 3)	( 0) (- 3)
水 準	11 (7)	12 (8)	13 (9)	16 (11)					(4)	(2)
高 低	13 (7)	14 (8)	16 (9)	19 (11)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	30 (22)	(4)	(2)
通 り	13 (7)	14 (8)	16 (9)	19 (11)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	30 (22)	(4)	(2)
平面性					23 (18)				(4)	

1. 数値は高速軌道検査車による動的値、( ) 内は静動値
2. 平面性は 5 m 当りの水準変化量を示す
3. 丙修繕は緊急修繕 乙修繕は一般修繕

また20年の運輸実績を持つ羽田線は、跨座型車両の原型としてのAlweg の基準を使用しているので、大阪モノレールの場合は、これら運転からの軌道剛性と、構造物としての弾性変形の双方から図 4・28、表 4・16の通りとした。

図4・28 モノレール軌道の変位

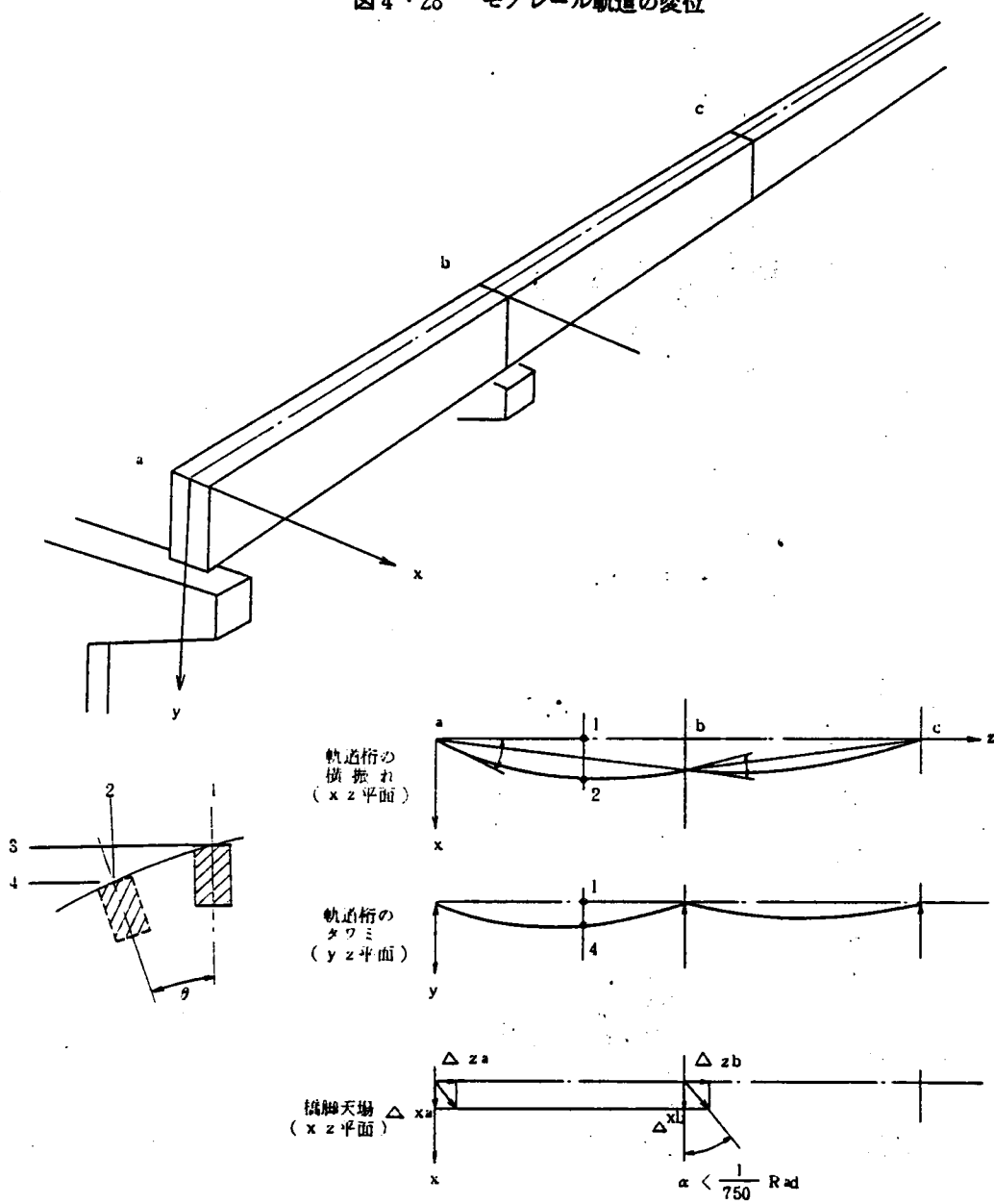
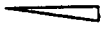




表4-16 大阪モノレールの許容変位量

		国 鉄 甲 線	日 立 Alweg 基 準	大阪モノレール 基 準
軌 道 桁 の 変 位 量	高 底 (y z 平面)	500  11	死活荷重共 $\frac{\delta}{\ell} = \frac{1}{800}$	$\frac{\delta}{\ell} = \frac{1}{1.000}$
		$\frac{1.1}{500} = \frac{1}{454}$		
	通 り (x z 平面)	500  13		
	軌道桁の 横振り	$\frac{1.3}{500} = \frac{1}{385}$	$\frac{5}{1000}$ Red $= \frac{1}{349}$ かつ40mm以下 $\frac{4}{1000}$ Red $= \frac{2.4}{1000}$	" "
脚 柱 頭 部 の 変 位 量	進 行 方 向	—————	$\Delta x (b-a) \leq 25\text{mm}$	"
	直 角 方 向	—————	$\Delta y (b-a) \leq 40\text{mm}$ かつ $\Delta y < -40\text{mm}$	"
	柱 の 回 転	—————	$\frac{1}{750}$ Red $= \frac{1}{1308} \%$	"

## PC軌道桁にたいする検討

跨座型モノレールの軌道型式の標準形としては、曲げ剛性、捩り剛性にすぐれ、かつ建設単価、維持補修費のかからない箱断面を持つプレストレストコンクリート桁を採用している。箱の外形寸法としては車両が上面を走行軌道面とし、両側面を案内、安定面として利用している。その寸法は、車両離装からくる空間と、桁の力学的性質からの両面から決められる。羽田モノレールにおいては、車両重量が軽いので、横巾80cmが、小倉モノレールでは85cmが採用された。今回の場合、曲線部において軌道桁は片勾配を保つため傾けて据えつける。このことは非対称曲げ理論で取り扱う必要がある。また曲線部において列車の走行による遠心力、列車の横ゆれ、及び曲率のため、支点を直線で結ぶ線上と桁断面の主軸支点がずれるの2つの原因を検討するため、断面の桁巾を数種類を選び数値計算を行った。

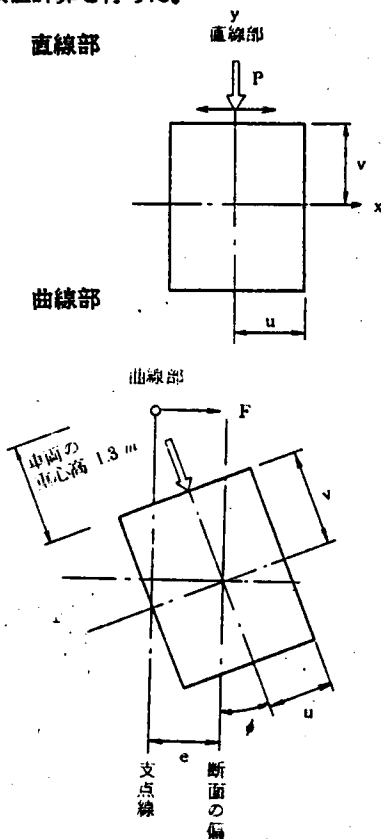


図4-29 大阪モノレールにたいする矩形断面を持つ軌道桁の力学

鉛直力  $P(1+i)$

水平力  $0.25P(1+i)$

捩り力  $0.25P(1+i)v$

遠心力  $F = \frac{P}{g} \frac{V^2}{R} = 2 \text{ t/輪}$

鉛直力  $P(1+i) \cos \phi + F \sin^2 \phi$   
 $= 12.9 + 0.014 = 12.9 \text{ t}$

水平力  $0.25P(1+i) \cos \phi + P \sin \phi + F \cos \phi$   
 $= 3.23 + 0.87 + 1.99 = 6.1 \text{ t}$

捩り力  $F \cos \phi (1.3 + v) + 0.25P(1+i)v$   
 $+ P(1+i)e \cos \phi + Fe \sin \phi \cos \phi$   
 $= 3.98 + 2.28 + 0.26 + 0.004$   
 $= 6.5 \text{ t-m}$

ここに

$V = 50 \text{ km/h} = 13.9 \text{ m/sec}$  ,  $R = 100 \text{ m}$  ,  $\phi = 5^\circ$  と仮定する。



桁の断面における曲げ応力度は次のようにかける。

$$\text{単純曲げ理論} \quad \frac{\sigma_s}{M} = \frac{y}{I_x} \quad (4.2)$$

$$\text{非対称曲げ理論} \quad \frac{\sigma_u}{M} = \frac{v \cdot \cos \phi}{I_x} + \frac{u \cdot \sin \phi}{I_y} \quad (4.3)$$

捩り剛性については箱断面を次の2通りで計算する。

$$\text{板の組み合せ} \quad \phi_p \frac{G}{T} = \frac{1}{\Sigma \beta b h^3} \quad (4.4)$$

$$\text{箱断面} \quad \phi_b \frac{G}{T} = \frac{b t + h t}{2 t t_1 b^2 h^2} \quad (4.5)$$

図4-30 桁巾80cmの場合の断面

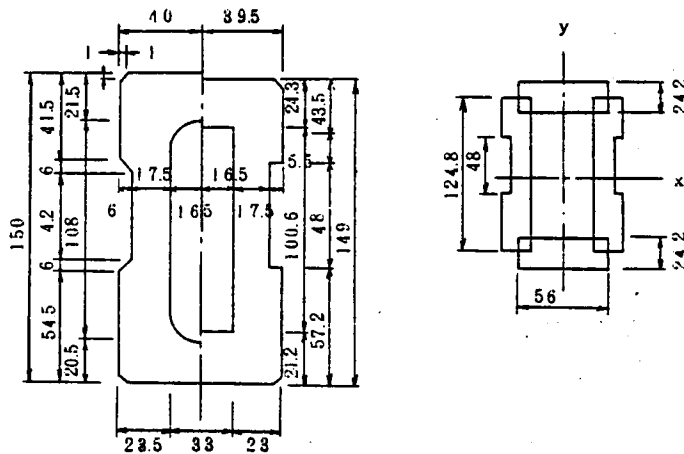


図4-31 桁巾を変えたときの断面力の変化

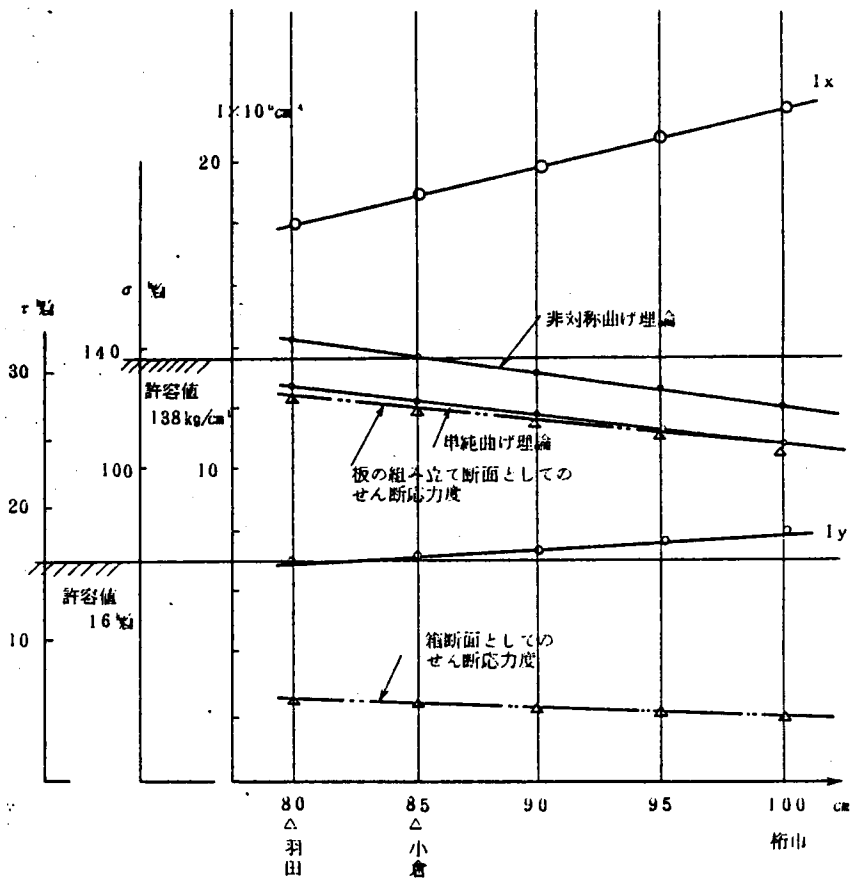


表 4-17 桁巾を変えた場合の応力度の比較

	桁 巾 (cm)	80	85	90	95	100
1	断 面 積 cm <sup>2</sup>	7.923	8.164	8.407	8.649	8.891
2	Md (t-m)	99	102	105	108	111
3	Me+i (t-m)	210	210	210	210	210
4	Md+e+i (t-m)	309	312	315	318	321
5	単純曲げ応力度 (kg/cm)	129	123	111	113	110
6	非対称曲げ応力度 (kg/cm)	144	137	132	127	122
7	6 / 5	1.12	1.11	1.10	1.12	1.11
8	6 の 85 を 100 とした比	1.05	1.00	0.99	1.01	1.00

以上のように桁巾を変えてみたときの桁の剛性と、車両等の積装の評価点より桁巾を85cmときめた。

## 鋼軌道桁における検討

跨座型モノレールの軌道はPC単純桁を直接列車走行桁とするのを構造上及び建設費、維持費などの多面性から標準とし、この断面形をもとに車両限界、及び建築限界が決定されている。鋼軌道桁はこの軌道外形寸法を守り、鋼材のもつ特徴を強調した構造を選らぶことが目的となる。図4-32は、1本箱桁の単線の場合(a)と複線として2本の箱桁を横桁で結剛した場合(b)とが考えられる。

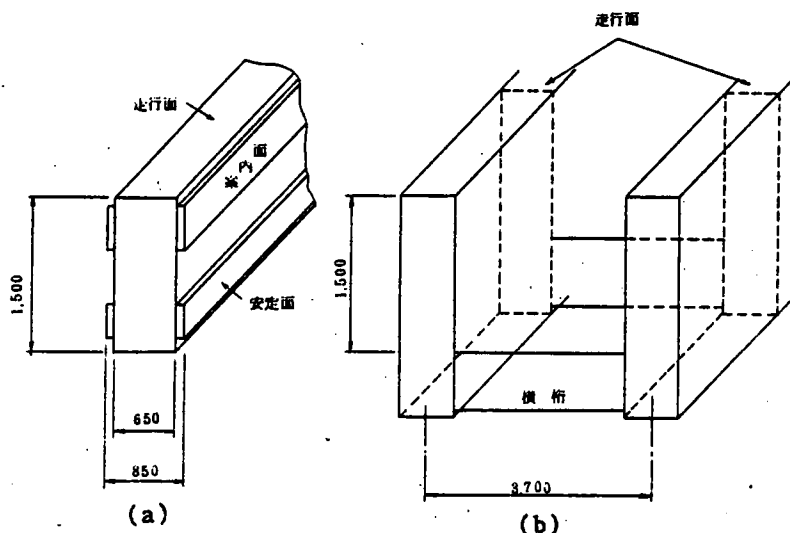


図4-32

単体箱桁の(a)の場合、モノレール車両は箱桁を跨いだ形で、上フランジ面を走行車輪が、ウェブの上下に取付けたガイドレールを案内輪、安定輪が走行する。ガイドレール間隔は車両の車輪巾の850mmであるので、箱桁ウェブプレート芯間隔は650mmを標準としている。従って、背高1,500mmにたいし、横巾の狭い断面となる。このことは、横方向の剛性の少ないはりの力学で表4・18の単体箱桁としての挙動が問題となる。また複線桁の(b)の場合、さらに主桁間隔はPC軌道桁部と同様の数値をとるので2本主桁と横桁からなる格子構造あるいは溝型断面を持つはりの挙動となる。これらの挙動を解析し、図4・33のように支間、曲率半径を変えて活荷重による桁断面の偏心を求め、表4・19の列車走行の安定にたいする経験的数値を参考に表4・20の通り鋼軌道桁を採用する支間を曲率を変数に決めた。この支間以上を設置位置から求められる場合は、鋼軌道桁による直接載荷方法を止めて、標準型のPC軌道桁をうける別の構造の桁を採用することにした。

表 4-20 直接载荷の鋼軌道桁の適用範囲表

<div> <div>文 間 (m)</div> <div>曲 平 (m)</div> </div>	単 純 ば り			連 続 ば り	
	30	40	50	40+50+40	50+65+50
100	◎	×	×	×	×
250	○	○	×	○	×
900	○	○	×	○	×

◎、× は数値計算を行ったモデル

モノレール軌道に関する土木構造物は細長い棒部材の組み立て構造で、路線線型によっては部材断面の中立軸と重力・外力の方向が必ずしも一致していない場合もあり、死・活荷重比による影響も少なくないので、設計計画管理と実務作業としては、相似・類似施設に発生した現象、とくに事故に連なかつた現象と計画基準値を決めた主要因との関係を十分に調査することが新規施設における設計管理手法である。この意味には 事故例における要因を分析整理するとともに設計システムの整備水準・設計管理・設計作業を運用から求められる構造物の機能と、構造物としての耐力強度としての全体変形や局部変位量の双方から追求することが必要である。このような新規の土木構造物の特性傾向の主要因を見落さないためには、材料材質の劣っているケント紙、プラスチック材、発泡スチロール材等によって模型としての類似構造物を多く作ってその力学特徴を洩れなく見出すことは大切で、とくに巨大構造物を計画するときは、相似・類似の生態系の構造物を探ることが有効である。(樫、桃、柳等の材質と枝ぶり、鳥の骨格構造と骨断面形状等は設計作業にたいする最適化を検討するにあたっての多くのヒントを提供する。)



表4-18 モノレール鋼軌道桁の問題意識

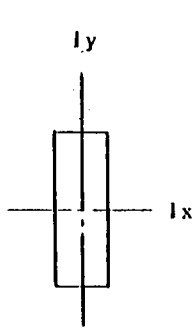
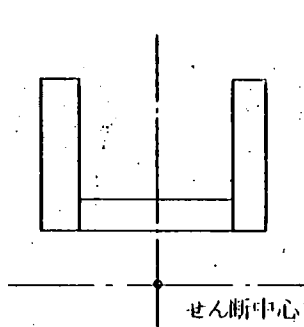
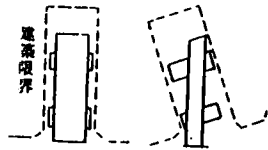
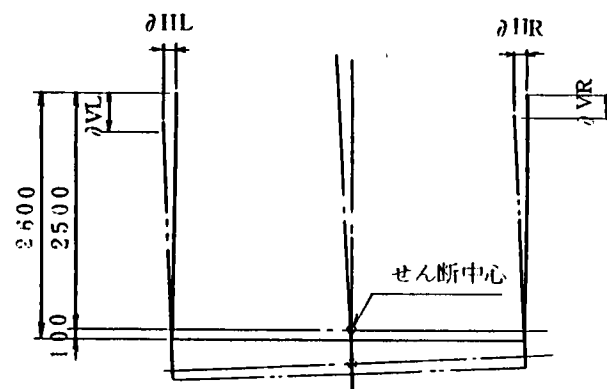
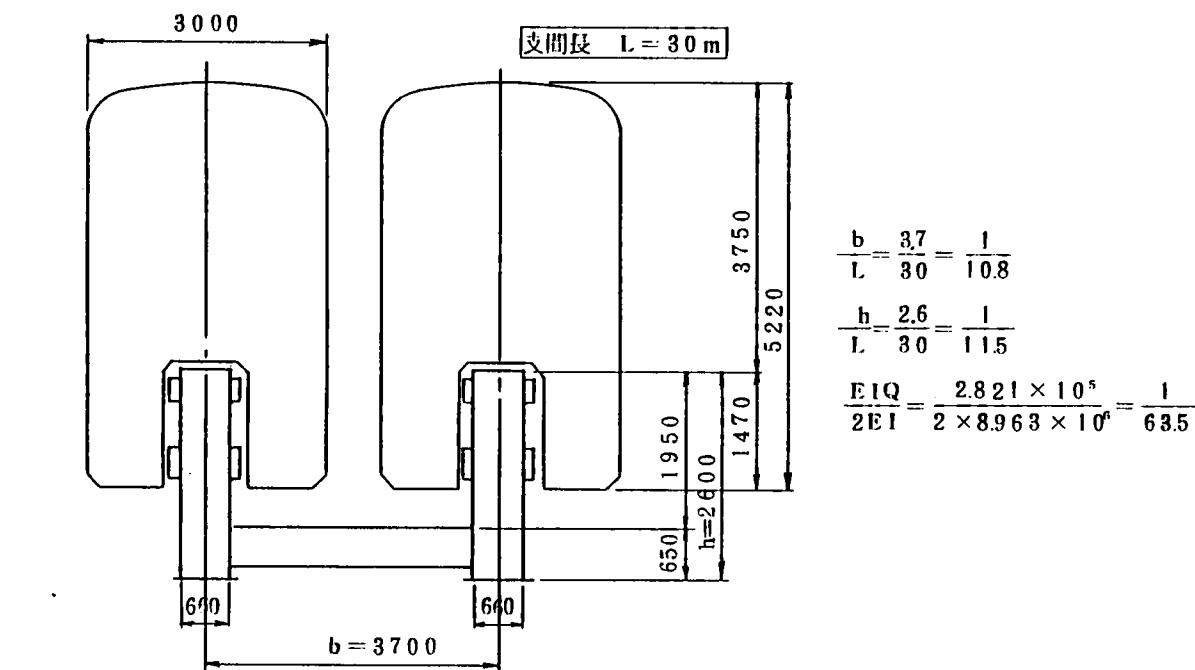
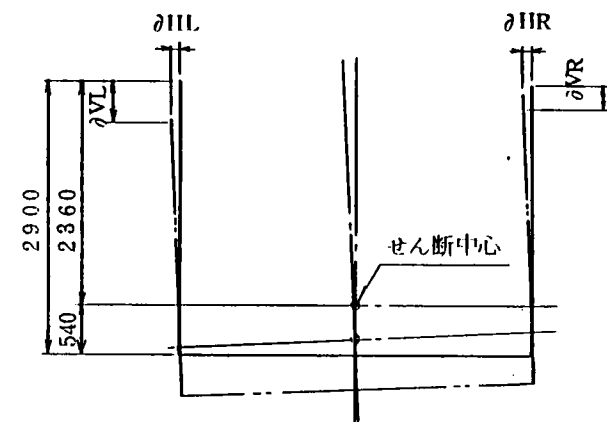
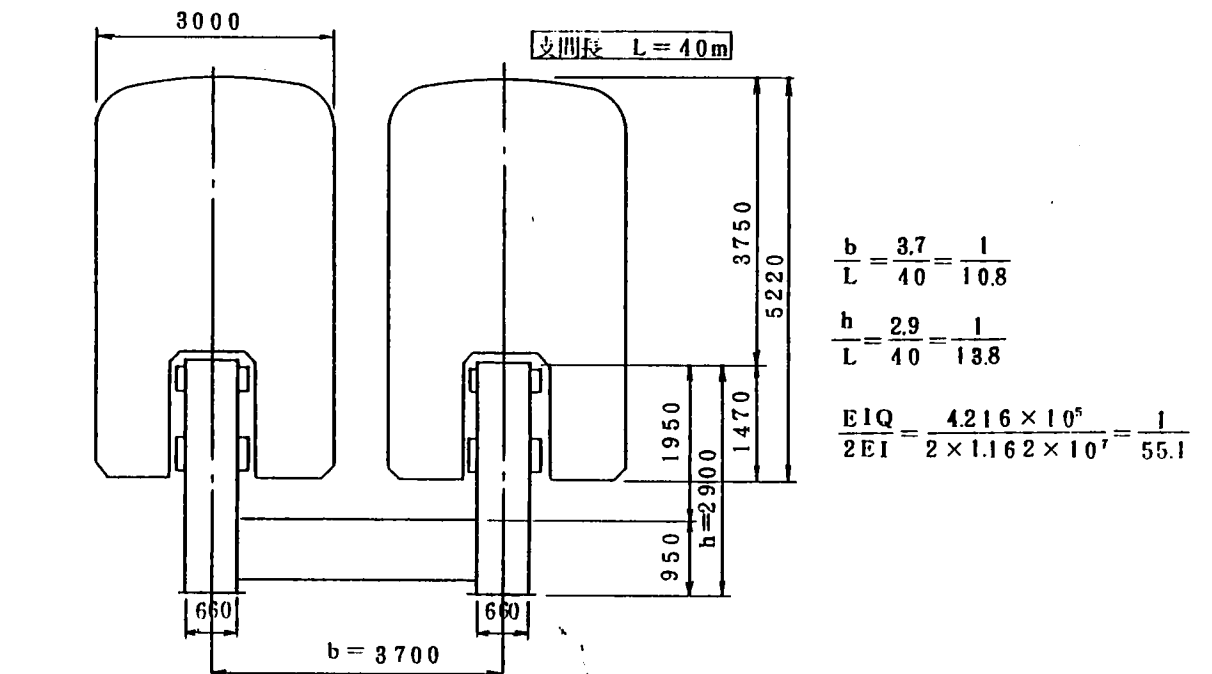
単体箱桁としての挙動	2本主桁をもつ格子構造としての挙動	曲線部におかれたとき
<p>1) 箱は鉛直方向荷重のほか車両の横振れによって、横方向荷重をうける。</p> <div data-bbox="771 517 1393 871">  <p>断面の主軸にたいする断面 2次モーメントの比 (<math>I_x/I_y</math>) によって生じる現象としては、 横方向の曲げ、及び、桁の曲 転と、それに伴う非対称曲げ、 横倒れ座屈の発生の懸念</p> </div> <p>2) 箱を構成する板の座屈</p> <p>3) 上フランジの載荷局部応力と桁としての曲げ 応力の重合</p> <p>4) 桁の捩りによる捩り応力度の追加</p>	<p>1) 単体箱桁として生じた挙動はほとんど生じる。</p> <p>2) 構造系として横安定のもとになる主桁間隔が決まっているので、(支間/主桁間隔)がほとんど10以上</p> <p>3) <div data-bbox="1525 643 1827 967">  <p>横桁は建築限界から 下の方に配置される ので、主桁にたいし て偏心した位置とな る。また構造断面が U型となり、横ゆれ の中心 (せん断中心) は下方になり、桁とし て大きくゆれる原因となる。</p> </div> <p>4) 剛性主桁と取り付けられる横桁はその剛性によって連結部に局部集中力が発生しやすい。</p> </p>	<p>1) 箱単体、2本主桁の場合に生じる挙動はほぼ同じ</p> <p>2) 曲線部の軌道面の片勾配のため箱の2枚の腹板間隔は更に狭くなる。もし桁を傾け</p> <div data-bbox="2239 1112 2505 1261">  </div> <p>るとき (約5 ～10%程度) 非対称曲げに よる剛性不足 が生じやすい。</p>

図4-33 モノレール軌道桁の変形挙動



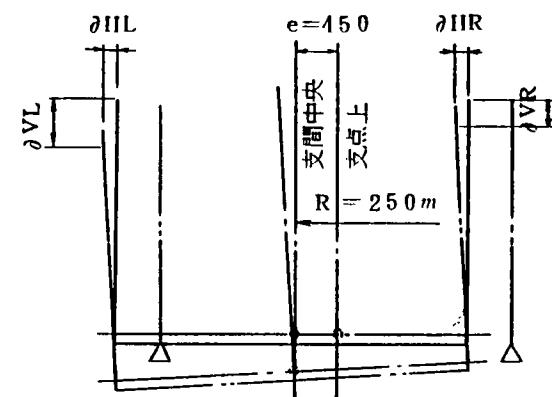
$R = \infty$

	活荷重+衝撃 (mm)	
	単線載荷	複線載荷
$\partial VL$	17	24
$\partial VR$	8	24
$\partial IIL$	6	0
$\partial IIR$	6	0



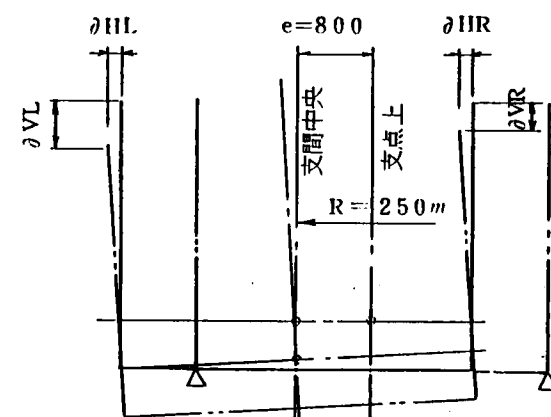
$R = \infty$

	活荷重+衝撃 (mm)	
	単線載荷	複線載荷
$\partial VL$	35	56
$\partial VR$	21	56
$\partial IIL$	9	0
$\partial IIR$	9	0



$R = 250\text{ m}$

	活荷重+衝撃 (mm)	
	単線載荷	複線載荷
$\partial VL$	19	26
$\partial VR$	8	22
$\partial IIL$	7	3
$\partial IIR$	7	3



$R = 250\text{ m}$

	活荷重+衝撃 (mm)	
	単線載荷	複線載荷
$\partial VL$	41	63
$\partial VR$	22	53
$\partial IIL$	13	7
$\partial IIR$	13	7



表4-19 都市モノレール、桁巾変更に関する評価

項目 桁巾		台車	車体 (車体 ぎ装)	軌道 (軌道 分岐)	限界 (建築限界 車両限界 機器限界)	製作 (設 製 試 計 作 驗)	重量 (台車 状 車 体 況)	備考	
800								標準 桁巾 軸重10t 羽田モノレール実績	
850								大型 桁巾 軸重 11t 小倉モノレール実績	
900		台車枠拡大 水平輪支持枠拡大 機器取付変更	吸音効果減少 床下機器小形化 床下機器配置変更	開口巾拡大 分岐桁長変更	床下機器限界変更	台車荷重試験実施 台車製作治具変更 試験設備更新 台車輸送治具更新	台車重量増加	最小曲線 50 m (支線) 複線間隔 3.7m	
950		台車枠拡大 水平輪支持枠拡大	車体巾拡大 台枠特殊設計 客室面積制限	開口巾拡大 分岐桁長変更	限界変更	台車荷重試験実施 台車製作治具変更 試験設備更新 台車輸送治具更新	台車車体重量増加		
1000		台車枠拡大 水平輪支持枠拡大	車体巾拡大 台枠特殊部材 客室面積制限	開口巾拡大 分岐桁長変更	限界変更	車体台車荷重試験 車体台車製作治具更新 試験設備更新 台車輸送治具更新	台車車体重量増加		
特記		タイヤ車軸間隔	客室面積	分岐部曲線半径 分岐桁長さ	最小曲線半径 複線間隔	製作費	軽量化	総合	
評価	200 ~850	100	100	100	100	100	100	100	
	900	110	110	105	105	110	105	108	
	950	120	125	115	120	130	110	120	
	1000	130	135	125	125	135	115	128	



#### 4-5 まとめ

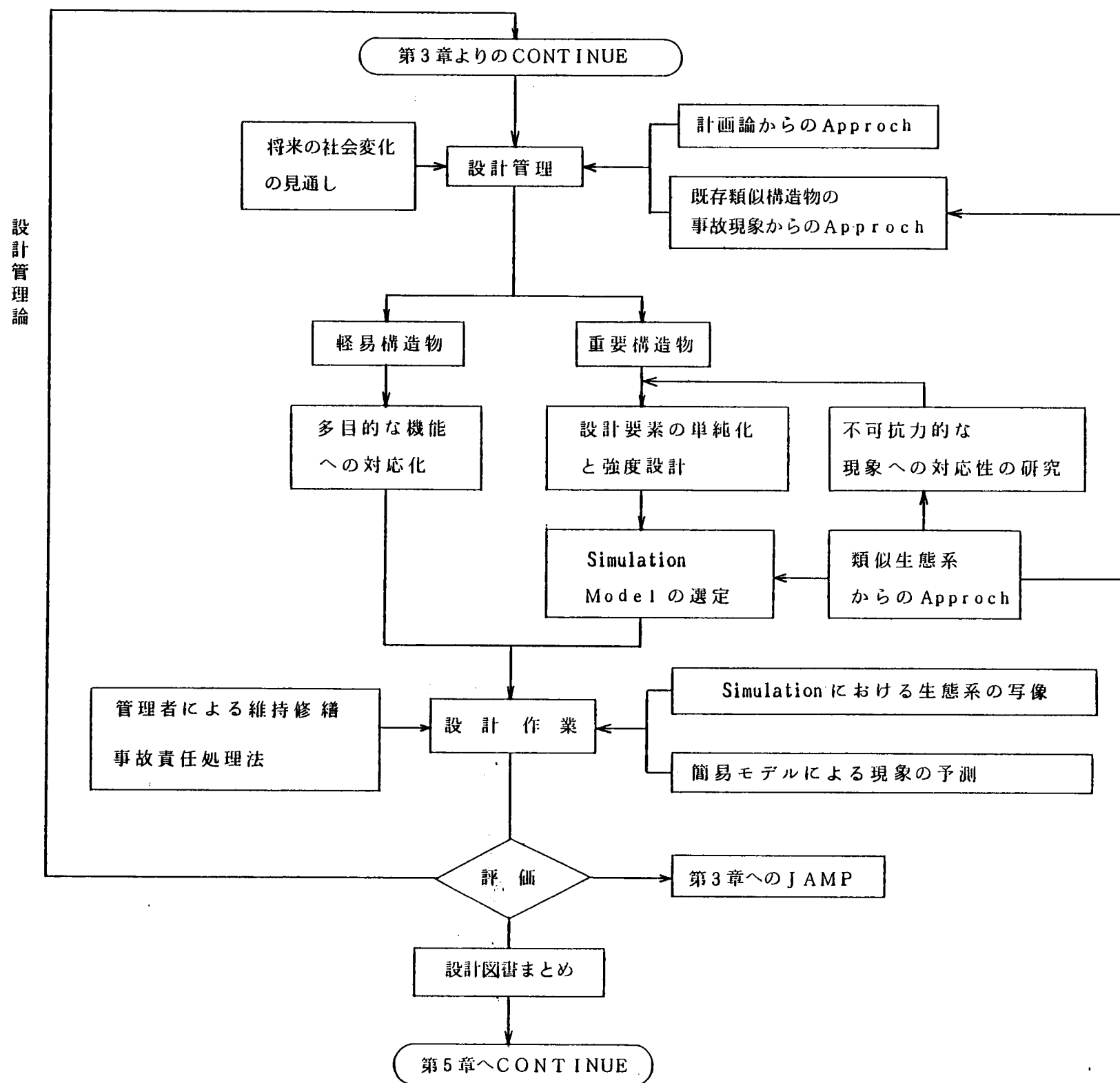
公共構造物の機能劣化と耐力不足を防ぐために設計計画管理として配慮すべき事項を、土木構造物の本体が主要社会資本である巨大規模の道路橋と、他の機能を補完するための軽易構造物としての道路標識にかかる関連土木構造物、及び列車運転が個別専用の限定された施設としての跨座型モノレール軌道桁構造を事例として、土木構造物の履歴のなかで遭遇する時系列の各段階における現象からシステムとしての取り組みを述べてきた。土木構造物はA.D.Blockerly が指摘するまでもなくその計画設計についてどれだけの広く深く相似・類似現象とその対応策を予測しうる資質を有する設計担当者にまかせることができるかが大切である。このことは我々土木技術者はまたそれだけの資源を兼ね備えなければならないことをも意味している。

本章で述べてきたことを総括すると図 4・34 及び以下の通りとなる。

1. 土木構造物を計画設計するに際して計画策定論と整備水準論に続く一連の作業取組みシステム流れ図を組みたて、既存の相似・類似の履歴を持つ構造物が建設・供用・維持保守に受けた現象を対比しながら要因分析のシステム図をまとめる。
2. 施設設備の一連野作業流れのなかで、刊行されている基準・示方書類では設計に関するものは多い。しかし個別特性を持つ構造物の現象解析についてまで常に準備されているとはいえない。巨大規模の開発型施設では設計にかかる原因による事故発生例も多い。
3. 従って土木構造物の機能劣化を除くための配慮点を探索するためには、相似・類似施設の事故発生例の要因を対比しながら、検討を加える需要の母集団を極力広げて基本システムを見直すことは有効である。
4. 施設の規模、社会資本としての基幹度、供用期間の長さ、発揮する機能の主体性と補完性等の要因によって重要・軽易に区分することができる。前者では強度が機能を優先し、後者では逆になる場合が多い。
5. 重要施設はその供用期間が長いので、その信頼性は構造物への社会的変化をふくめた外的要因と構造物自身の内的要因に分けて考えられる。
6. 外的要因は供用期間の長さによる社会変化によるので、相似・類似構造物の履歴を調査し、将来の予想されるような社会変化には対応しやすい配慮が求められる。
7. 構造物自身の強度にたいする課題は、構造系全体の破損・破壊よりも、構造部材局部のそれらによる現象から発展する。従って使用材料の弾・塑・脆性、構造部材の質量と断面形状、応力と変形などの構造力学詳細にとくに配慮がいる。この意味においては類似の形状・材料をもつ生態系におこる現象を対比することは、機能劣化の要因を探ぐる早道である。

8. 軽易構造物と定義される他の主要施設の補完機能を主とするものは、その整備目的の社会的多面性を十分考慮し土木構造物のもつ余剰施設・副次機能の幅広い活用化につとめること。
9. 機能を優先したときの強度設計論では、集団生活の社会が必要とする時間帯、外力設定値等をふまえて、その施設の投資額・供用期間等から過大設計を行なわないよう第一義目的の要因の優先度を分析し整理することが肝要である。
10. 個別・専用目的のために規定を適用して整備する土木構造物は、需要から決められた運用方法を十分考慮し、整備水準にたいする哲学的意識の整理を先行させる。この場合の強度設計法は応力・変位あるいは変位・応力とその優先度は異なる。
11. 個別・専用目的として整理された作用外力にたいする骨組部材の構造系には反作用としてもっとも単純に抵抗する断面形状から、機能を勘案しながら改良・改善を加えることは取扱いの早道である。
12. 外力にたいする構造物の挙動として、ケント紙、ブリキ等の材質性状の異なるSimulation Miniature Modelによってもその力学的傾向を知ることができる。これは安価容易な手法でもある。
13. 機能劣化を防ぐため配慮として計画管理システムを正・反の方向から見直すことによって、最適化のための Revised/Renewal Systemを点検することができる。

図4-34 第4章の要因流れ図





#### 第4章 参考文献

- 1) 内外スベック一覧 土木学会誌 1982年6月号
- 2) A.D.Blockerly : Analysis of structural Failures  
Proc. Inst. C.V.Engrs Part 1. 1977 Feb
- 3) A.D.Blockerly が用いた参考図書一覧
2. BAKER M.J. The reliability of reinforced concrete floor slabs in office buildings : a probabilistic study. Report 57,CIRIA,London,March,1976.
3. Report of the Court of Enquiry upon the circumstances attending the fall of a portion of the Tay Bridge on 28th Dec.1879. HMSO,London,1880.
4. THOMAS J. The Tay Bridge disaster,new light on 1879 tragedy. David & Charles. 1972.
5. Royal Commission on the collapse of the Quebec Bridge. Vol.I,II,III,Ottawa. 1908.
6. Report of the Government Board of Engineers. Vols I,II. Dept. Railways and Canals,Canada. 1918.
7. AMMAN A.H.et al. The failure of the Tacoma Narrows Bridge. Federal Works Agency,Washington DC,March 1941.
8. Report of the Royal Commission into the failure of the Kings Bridge. Victoria, Australia,1963.
9. Collapse of US 35 Highway Bridge,Point Pleasant,West Virginia,Dec.15,1967.  
Report No.NTSB-HAR-71-1,National Transportation Safety Board,Washington DC.
10. Report of the Royal Commission into the failure of West Gate Bridge. Victoria, Australia,1971.
11. FREEMAN R.and OTTER J.R.H. The collapse of the Second Narrows Bridge. Vancouver. Proc.Instn Civ.Engrs,1959,12,April,N36-41.
12. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. Final Report of Advisory Committee on Falsework. HMSO,London,June,1975.
13. ACRES H.G. Report on the Heron Road Bridge failure. Report to Supervising Coroner of Ontario,Toronto,Nov,1966.

14. Collapse of falsework for the viaduct over R.Lodden on 24th Oct.,1972. HMSO.  
London.1973.
15. STATE OF CALIFORNIA BUSINESS AND TRANSPORTATION AGENCY. Final report :  
Investigation into collapse of falsework,Aroyo-Seco Bridge Road. 07-LA-210.  
Department of Public Works.Division of Highways,Jan..1973.
16. NRC CANADA. The collapse of the Listowel Arena. Div.of Bldg Res. Tech.  
Paper 97.Ottawa,May 1960.
17. BUILDING RESEARCH STATION. The collapse of a precast concrete building. HMSO.  
London.1963.
18. CLARKE B.L. County of Bedford.New Conty Hall,Report on the structural  
engineering aspects of the original design and recommended remedial measures.  
County of Bedford,Feb.1966.
19. MINISTRY OF HOUSING AND LOCAL GOVERNMENT. Collapse of flats at Ronan  
Point,Canning Town. HMSO.London.1968.
20. DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE. Report on the collapse of the roof of the  
assembly hall of the Camden School for Girls. HMSO,London.1973.
21. BATE S.C.C. Report on the failure of roof beams at Sir John Cass's Foundation  
and Red Coat Church of England Secondary School. Stepney. Building Research  
Establishment,Garston,June 1974.
22. MAYO A.P. An investigation of the collapse of a swimming pool roof constructed  
with plywood box beams. Building Research Establishment,Garston,April 1975.
23. Report of the committee of inquiry into the collapse of cooling towers at  
Ferrybridge Monday 1st December 1965. CEEB,London.1965.
24. JOHNS P.M.and MOTTRAM K.G. Investigation into the failure of the Mount  
Gambier television mast. J.Instn Engrs Aust..1968,40,117-21.
25. MINISTRY OF POWER. Report of the inquiry into the causes of the accidend to the  
drilling rig Sea Gem. HMSO.London,Oct.1967.
26. Report of the committee of inquiry into the collapse of the cooling tower at  
Ardeer Nylon Works,Ayrshire,on Thursday 27th September 1973. ICI Petrochemicals  
Division. London.1973.



27. DEPARTMENT OF ENERGY. Report on the loss of the drilling barge Transocean III.  
HMSO, London, 1975.
28. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Structural failures : modes, causes,  
responsibilities. National Meeting on structural Engineering, Cleveland, Ohio,  
April 1972.
29. FELD J. Lessons from failures of concrete structures. ACI, Detroit, Mich., 1964.
30. HAMMOND R. Engineering structural failures. Odhams press, London, 1956.
31. MCKAIG T.H. Building failures. McGraw-Hill, New York, 1962.
32. MERCHANT W. Three structural failures : case notes and general comments.  
Proc. Instn Civ. Engrs, 1967, 36, March, 499-500.
33. PUGSLEY A.G. The engineering climatology of structural accidents. International  
conference on structural safety and reliability. Washington, 1969, 335-340.
34. PUGSLEY A.G. The safety of structures. Edward Arnold, London, 1966.
35. SCOTT G. Building disasters and failures-a practical report. Lancaster,  
Construction Press, 1976.
36. BLOCKLEY D.I. Predicting the likelihood of structural accidents. Proc. Instn Cio.  
Engrs, Part 2, 1975, 59, Dec., 659-668.
37. BELLMAN R.E. and ZADEH L.A. Decision-making in a fuzzy environment.  
Mngmt Sci., 1970, 17, Dec., B141-B164.

4) 国広 哲男 ; 道路橋の寿命、土木計画学シンポジウム

土木施設のライフサイクル 1978 JUN

5) 阿部 英彦 ; 鉄道構造物の物理的寿命

— 4) —と同じ図書

6) 岡 尚平 ; 交通事故対策からみた路面標示改良に関する考察

— 京都守口線の実施例 — 道路 1975年12月号

7) 岡 尚平 ; 不要な風荷重を受けない標識板・吊垂装置の開発 道路建設 1977年2月号

8) 岡 尚平 ; 大型門型標識柱における構造力学系について 交通科学 1979年 VOL.8

9) 大阪府土木部標準図集

10) 大阪府委託研究 : 京都守口線における大型案内標識設置に係る効果測定調査報告書

昭和52年3月

- 11) 大阪府委託；日本自動車連盟（J A F）職員による座談会 昭和52年
- 12) 大阪府警察本部 昭和50年の自動車運転試験所の調査資料を大阪府で加工処理
- 13) 大阪府委託；道路施設の耐風性に関する調査研究

道路付属施設の耐風性に関する実験的研究

京大・土木工学教室 橋梁工学研究室 昭和51年3月

- 14) 榎木 盛彦；横浜ドリームランド大船モノレールPC軌道桁の設計  
プレストレストコンクリート 1966年 Oct Vol.8 No.4

## 5. 公共施設の信頼性と余寿命

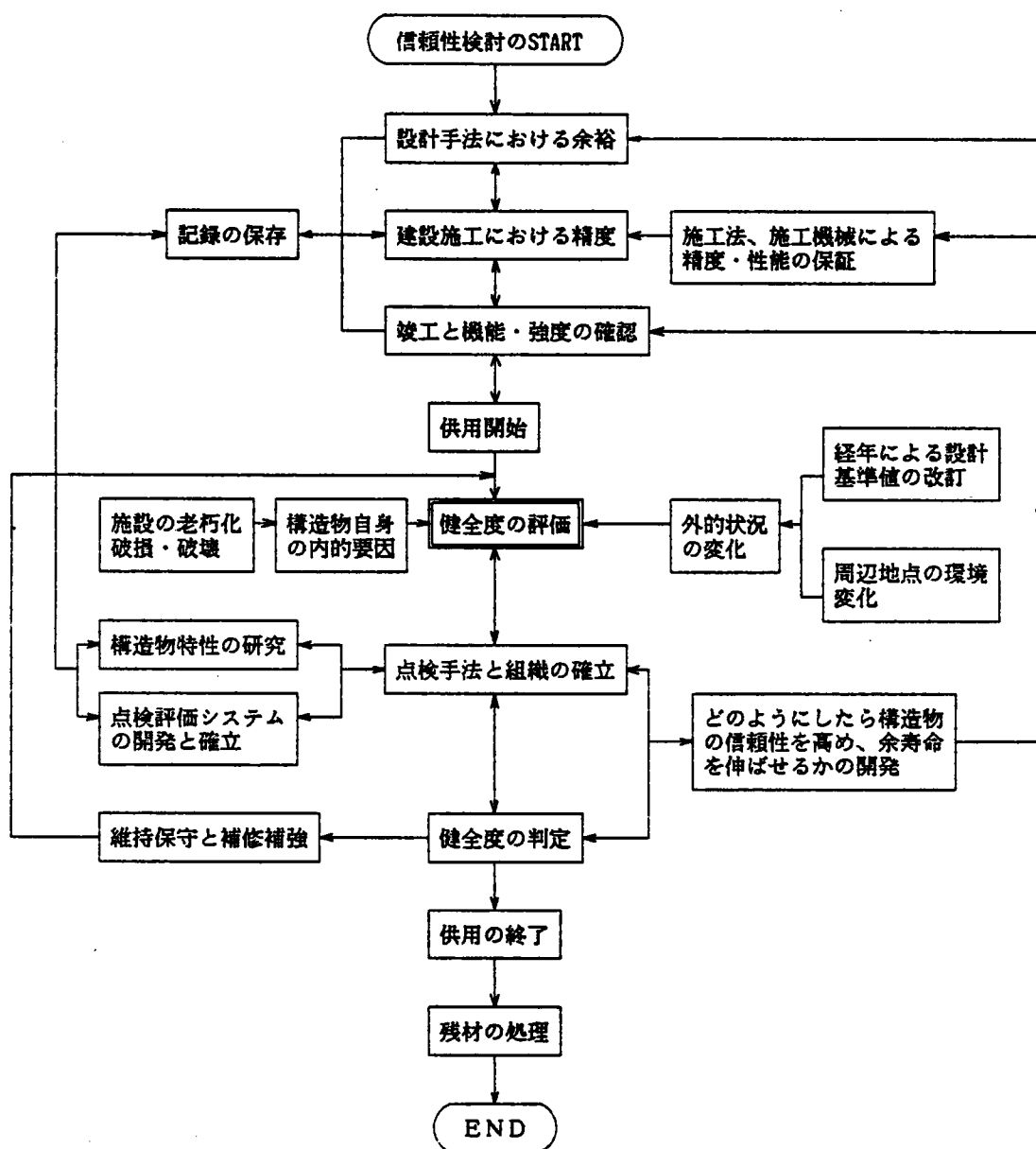
### 5-1 土木構造物に内在してくる問題点の発見法

公共施設としての土木構造物は先人の遺産による便益を享受しながら、現代のために施設整備を行い、それらをふくめて後の世代に便益を引き継ぐ供用期間の長いものである。従って、これらの土木構造物は一朝一夕に整備されたものでない。このことは現在供用中の既存施設も古い時代に順次建設されたものであることが多い。すなわち経年による利用機能の変化は個々の施設を中心にみた場合、顕著に変わっていないといえることができる。その事実、施設管理者が最低限度保証しなければならない本来目的は耐力強度であるといってもよいことになる。たとえば道路法第29条では道路施設の安全性の確保がむづかしいとき、管理者の判断で補償することなく供用の制限をすることができるとある。鉄軌道でも車両運転者に通報することによって、運転の徐行制限をかけるなど、走行速度にともなう衝撃活荷重を低減することは容易である。これにたいし、車両通行にたいする通行制限施設として人為的障害物を準備できなかったとき、車両運転者は知らずにでも通行する機会が多く、とくに3-2章 図3.11で述べたように日常の通常起りうる程度の超荷載荷重にたいして構造物が破壊し、その補修に日時を要するときは、交通運用施設としての公共性は確保されない。その意味でも超過余裕荷重もふくめて耐力強度についての保証が求められる。

建設された土木構造物は行政機関の検査の後に供用される。供用後は図5.1の通りで、施設管理者による維持保守のための点検が絶えず継続して実施される。土木構造物の健全度は、構造物自身の老朽・破損による内在的な耐力強度の低下と、建設地点の地盤沈下、河川掘削等の外的変化によって構造系全体の耐力強度に不安がしのび寄る場合の両方があるが、健全度の評価判定は供用中の施設のことでもあり普通は設計許容値内における非破壊による外見観察によることが多く、溶接補修方法等の特別な場合を除いては構造部材を切り取って行う直接破壊検査は稀である。従って健全度の水準を評価判定するための手法の開発は望まれるところであるが、個々の土木構造物について それらの特性を認識して 総括的な計量化された一般論として取り扱う研究の必要性が求められる時代を迎えた。図5.1の2重枠で囲んだ健全性の評価とその判定は、個々の土木構造物についての要因分析の時系列的なRecycle 検討結果をふまえて計量化されていくものと考えられる。著者は本章でこの課題にたいして大阪府で多くの土木構造物の建設を担当するとともに、永年に渡って既存の橋梁の維持管理と補修を担当してきたので、その経験をふまえた取り扱い方法の提案を述べたい。

構造物の耐力強度の信頼性は、そのままその施設をふくむ路線としての供用の信頼性にも影響を及ぼす。個別の既存の構造物については その建設時にどれだけの余裕をふくめた設計・施工がされて

図 5.1 土木構造物自身の信頼性と余寿命の伸長に関する要因分析



いたか、供用後の維持保守の水準、及び他動的要因としての供用荷重の変化、周辺環境が及ぼした影響があって図5.2 のような関連図にまとめることができる。

社会の近代化が進むと、交通運用施設としての車両構造の機能変化は大きい。鉄道では明治時代の蒸気機関車はその索引力を増すために重量増加が著るしかったが、電化の波によって、次第に減少し、現在では文化遺産的な路線の観光運転を除いて姿を消した。その結果、国鉄路線では活荷重とその走行に伴う蒸気ピストンの衝撃効果は低減したので 鉄道橋では供用荷重と建設時の設計荷重の差だけ耐力信頼性は増したといえるかも知れない。これにたいして、ここで述べる道路橋では全く逆の現象が生じている。すなわち、自動車車両構造の大型化、輸送内容の多様化、道路整備の普及は、従来の物流輸送体系の大型化・多様化に変遷した。それに伴って 政令で定める道路構造令とその構造物設計基準値は図5.3 のように暫次改訂されてきた。ある年次に建設された構造物の設計荷重値は、その時代に制定されていた基準値を用いることは当然である。社会の近代化に従って供用車両が大型化し、交通量が増えるのに応じて需要としての荷重強度は増加し、ある年次に基準の改訂が行なわれる。この改訂は社会活動の変化に伴って繰り返される性質をもっているが、構造物の補強は容易に実施されない時代を経てきているので、個々の構造物の履歴によっては超過応力度をうけていたものも少ない。そしてやがて施設管理者の予算能力に応じて改修補強されているものもあるが、そのままに放置しただけ観測されている構造物もある。

政令で定めた道路橋の設計基準値は表5.1 の通りで、規定年次によって載荷荷重値は増大している。これらの荷重値を大阪府が管理する構造物にあてはめる場合、その構造系が単純桁橋が多いことに注目して、単純支持の支間中央の曲げモーメント、及び支点のせん断力を縦軸に、支間長さを横軸にとりて画くと図5.4 の通りとなって、建設年次に違いによる外的活荷重の違いが一つの指標として簡単に求められる。参考として、大阪府が管理する約1200橋の建設年次は表5.2 の通りで、約半分は現行設計基準値をも満足していないといえる。このあたりは個別の施設管理者として寒心ごとである。

図5.2 既存の構造物の建設年次を顧みての信頼性と余寿命への対応

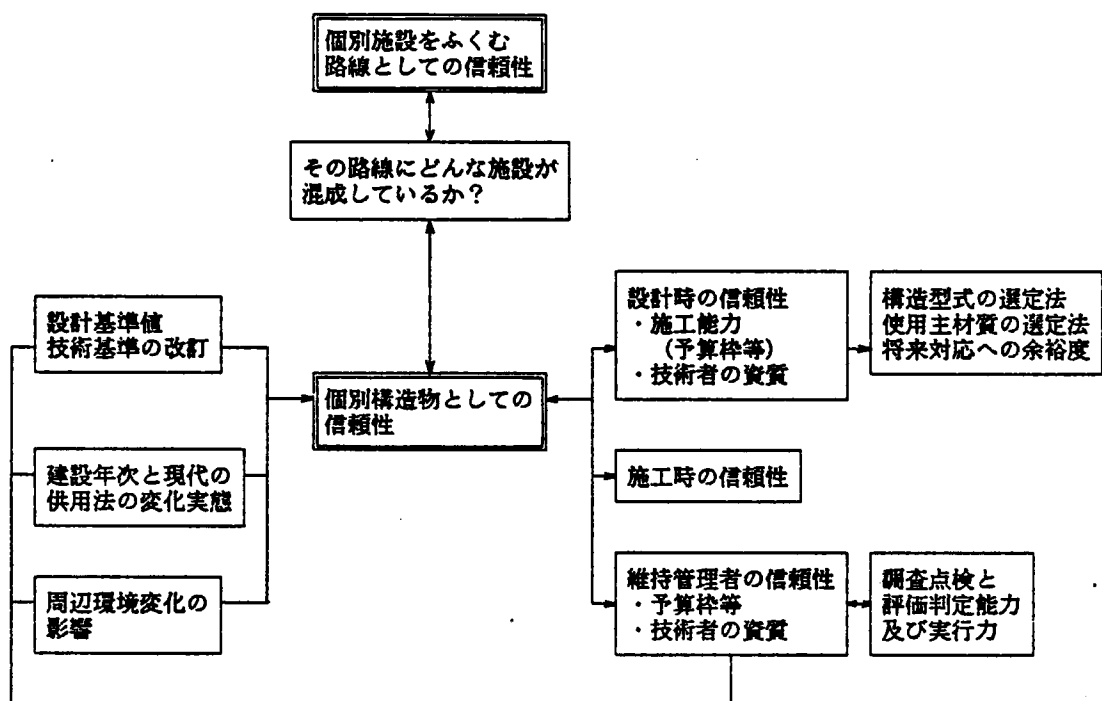


表5.1 道路橋活荷重一覧表

規定年月日	等級	該当道路	自動車荷重	等分布荷重	調整係数
明治～大正8		別に定められた規定がなく外国の例により荷重をきめていた			
大正8年 道橋構造令		街路 国 道 府 道 県 道	3 000 両 (11.25 t) 2 100 両 (7.875 t) 1 700 両 (6.375 t)	15 両/尺 <sup>2</sup> (560 kg/m <sup>2</sup> ) 12 両/尺 <sup>2</sup> (490 kg/m <sup>2</sup> ) "	別に規定なし
大正15年 道路構造令に 関する細則	1 等橋 2 等橋 3 等橋	街 路 国 道 府 道 県 道	12 t 8 t 6 t	$\frac{120\,000}{170+l} \leq 600 \text{ kg/m}^2$ $\frac{100\,000}{170+l} \leq 500 \text{ kg/m}^2$ "	$i = \frac{20}{60+l} \leq 0.3$
昭和14年 内務省 設計示方書	1 等橋 2 等橋	国道および幅 8 m 以上の街路 府県道および幅 4 ～ 8 m の街路	13 t 9 t	$l \leq 30 \text{ m}$ 500 kg/m <sup>2</sup> $l \leq 120 \text{ m}$ (545 - 1.5 l) $l \leq 30 \text{ m}$ 400 kg/m <sup>2</sup> $l \leq 120 \text{ m}$ (430 - l)	$i = \frac{20}{50+l}$
昭和30年 建設省 設計示方書	1 等橋 2 等橋	1, 2 級国道 主要地方道 都道府県道 市町村道	20 t (5 t/m) 14 t (2.5 t/m)	$l \leq 80 \text{ m}$ 350 kg/m <sup>2</sup> $l > 80 \text{ m}$ (430 - l) $l \leq 80 \text{ m}$ 245 kg/m <sup>2</sup> $l > 80 \text{ m}$ 0.7 (430 - l)	$i = \frac{20}{50+l}$

表5.2 大阪府管理橋梁の橋種と架設年次調 (44.3調へ)

	国道及び主要地方道					一般府道					計					%
	鋼	PC	RC	仮	計	鋼	PC	RC	仮	計	鋼	PC	RC	仮	計	
石 橋				3	3				11	11				14	14	2.8
木 橋				2	2				17	17				19	19	
～大正15	2	—	13	—	15	1	—	43		44	3	—	56	—	59	4.9
～昭和14	22	—	156	—	178	16		180		196	38	—	336	—	374	31.1
～昭和30	8	2	121	—	131	7		63		70	15	2	184		201	16.8
昭和30～	42	11	250	—	303	25	26	179		230	67	37	429		533	44.4
橋 数	74	13	540	5	632	49	26	456	28	568	123	39	1005	33	1200	
%											10.2	3.3	83.7	2.8	100	

図5.3 既設構造物の建設年次の強度と需要耐力強度の時系列変化

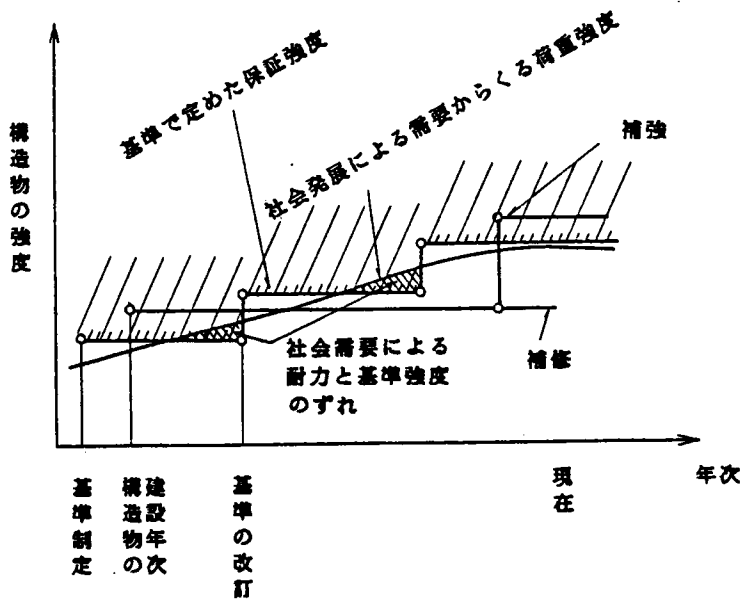
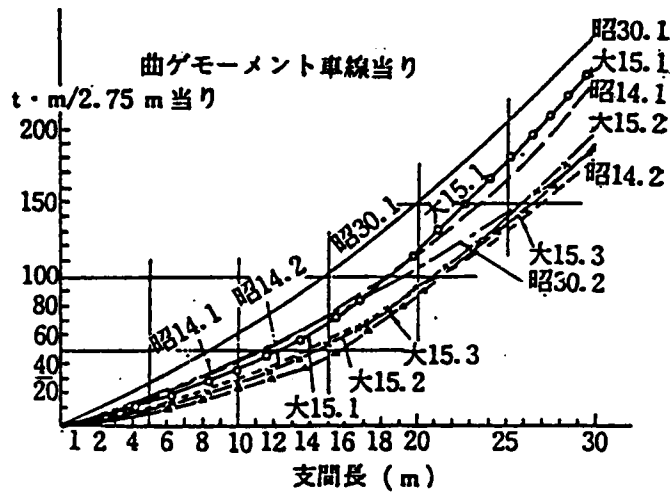
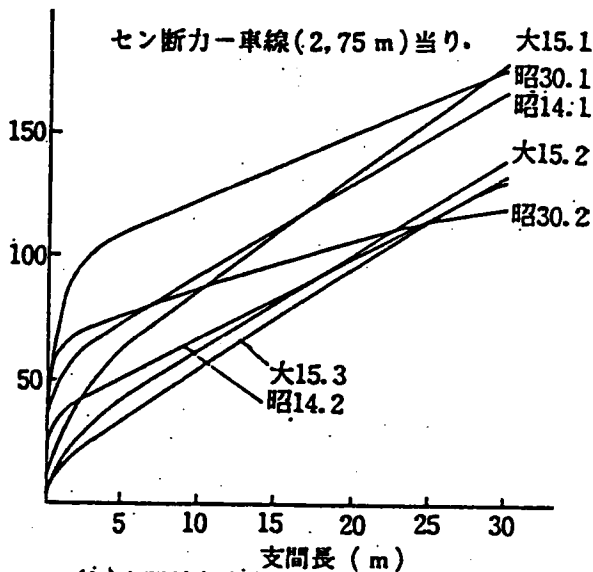


図5.4 支間長と支点のセン断力



(a) 支間長と支間中央点の曲ゲモーメント



(b) 支間長と支点のセン断力



さらに個別の道路橋をとりあげてみると、その架設地点をふくむ地域の土地造成が行なわれたり、そのための土砂運搬路になった場合は、もっと危険が発生している。土砂のように材料自身に付加価値が低く、自由価格の大部分を運搬費が占めると、多量の過積載車が低廉な価格で走りまわり、この実態をうけて社会批判となって公安委員会が道路走行の取り締りの強化と、運搬業者への基準値内への積載の協力指導（大阪府ダンプカー協会創設によって、運搬業者への指導と助成策の実施 昭和52年）の鞭と鉈の行政政策を実施するが、通常このような施策は実態をふまえて立案されるので、道路橋の破損破壊現象の発生からみると後追いとなっている。

次に建設地点の極く周辺に地下水圧・水位変動を伴う接近した掘削工事が行なわれたとき、構造物の基礎支持地盤の受働土圧面内を掘削、洗掘されたとき、地盤支持力の不足によって構造物全体を傾け破損や、破壊に至らしめることが多く、時折の新聞紙上を賑わしている。以上のように外的要因によって構造物に被害を与えている例は多い。

次に構造物自身について述べる。第4章で事故発生例を分析すると設計計画に関するものが多いことを述べたが、大阪府道にかかる道路橋は建設年次によって、整備水準の意志決定に重大な責任をもっていた技術担当者は、わずかな人数で、彼等の設計計画にたいする物のみかたと、そのときの担当機関の予算的余裕によって、個別の構造物への将来的余裕のとり方が異っていて、この認識事実は工学としてもユニークな点が多い。

たとえば大阪府が管理する橋梁の架設年次別、材質別の統計を示し、表5.3 で日本の発展と自動車荷重 および技術の進歩を併記し 右側に大阪府施工の代表的な橋名をかかげた。数年間橋梁係を担当しながら現橋を維持管理し、諸先輩の思い出話を総合すると、大阪府の構造について歴史的にみて概略次のようなことがいえる。

昭和初年までは欧州の先進国の技術を直接購入したものがある。

2)

たとえば枚方大橋は明治43年京阪電気軌道が淀川、宇治川にかかる電車橋としてイギリスより購入したものを、大正12年より昭和2年にかけて解体し、枚方に移設、架換えている。その際、道路橋への補強は多少補強しているものの、現在の力学で考案されると必ずしも満足とはいいがたい。たとえば、ワーレントラスの格点間の部材をI形にすべきがH形になっていたりして、Quebec 橋の落橋以前の施工であるため座屈強度についての保証も少ない。

表5.3 大阪府橋梁年代別図表

昭和10年	明治43年	設計荷重表示方	大蔵府主要事業	大蔵府施工著名補償	思想的背景
1912年	大正元年	Quebec 落道 (1907年)			
1920年	大正9年	Eyebars 使用 大正8年 3000貫 2100・ 1700・ 大正15年			
1926年	昭和元年		十大設計補	造里小野橋	改方大橋の移設 (田家蔵電事橋)
1930年	満洲事変	12t 8・ 6・		RC ラーメン (石橋、香江跨線橋) 十三大橋 長綱橋 (プレートガーダー) 伏法大橋	Cerber 形式 RC 不静定形式 横ゲタのない主脚 RC. Cerber の定着部 無し
日支事変	昭和15年	Tecoma 落橋 昭和14年 内務省標準版ゲタ橋 T ビーム橋		河内・大正橋 (RC. ゲルバー連続) 大和川橋、国営橋	
1940年	太平洋戦争	12t 9t		竹器コンクリート座懸橋	
1945年	終戦	12t 9t			
1950年	昭和25年	PC 工法 落橋工法 合成ゲタ	新十大設計3環状橋	高野大橋 (全落橋) 古江橋 (死括両重合域) 鳥飼大橋 (Cerber Truss) 西条大橋 (箱ゲタ) 金剛大橋 (PC 組立補強ゲタ) 高賀橋 (斜橋子ゲタ)	軽量化 中小永久橋事故多発
昭和35年		Computer 化 新長岡経済 所得増進 中間経済 経済社会政策	昭和30年 大瀬池田橋 遠堀川開きく	外環状橋 中央環状橋 御堂橋 黒澤牧岡橋	特異道にかかるとは 重量化
昭和45年		20t 14・ コンテナ ー化	万国博覧会 (45. 3. 15)	新鳥飼大橋 (箱ゲタ) 改方大橋の架換 (箱ゲタ) 淀川新橋工事 PC. Preten 箱ゲタの標準化	
		道路投資額			

この枚方大橋を京阪電車から購入した際に床組などに多少のIビームが残ったらしい。このEnglandの浮き彫りのあるIビームが枚方周辺で大正年代に架設されたIビーム並列橋に多く利用されている。その構造は主ゲタ間隔 800~1,000 mmの並列ゲタで、溝形鋼の横ゲタをもち、下部工は鉄筋コンクリートのクイ形の橋脚躯体と簡単なフーチングである。以前は多分木橋がかかっていたものに、上部工のみ置換したもので、当時の地方部で施工の悪いものは床版が打抜かれることが多い。

次に社会不安が増長し支那事変に至る期間は、都市計画事業と失業救済を兼ねた十大放射線の道路大投資を行なった時代で、近畿の大河川・淀川に3本の橋を架けている。そのうち長柄橋（橋長 800 m昭和11年）は木グイの下部工にIビームが並列した橋の鋼橋への架換えであった。したがって、この橋の架換えによって膨大量のIビームがあがり、この材料を大阪府・市が折半して、府は府下の中小橋に重力式橋台 橋脚をつくって、Iビーム並列形式橋を広く かつ多く建設している。現在、これらの橋は床版の主筋がφ9で間隔が粗い以外には事故をあまりみない。

この頃より府は相当数の高度の橋梁技術者をかかえ直営の設計施工管理を行なった時代で、現在活躍中の先輩も数多く、鉄筋コンクリート不静定構造に積極的に取り組んで、鉄道を越える跨線橋に3径間連続ラーメンをかけ、河川に連続バリ、ケルバーゲタを、また市街地高架道路にフラットスラブをかけている。

鉄筋コンクリートTビーム、連続Tビームの上部工はヒビワレ状態から推定して主筋も多く、コンクリートの施工管理も十分で、6～8t自動車に対して設計されているのに対して現在でも安全である。その構造は主ゲタが2本あるいは数本並列でハンチが1:3でなく45°に近く、古い時代は横ゲタがなく、新しい時代は端横ゲタを入れているが、格子状に組まれたものは見当たらない。ただ、おしむべき河西橋（北海道、昭和11年）と同じ時代でありながら、支承付近の配筋特にゲルバーヒンジ部の曲ゲあるいは斜引張に対する鉄筋の付着長と、短い片持バリとしての応力解析に明確でないところがある。

上下部工の継ぎ目にあたる支承は、鉄筋コンクリートゲタでは鉄板を重ね合せたものが多く、目地材もエラストイトが全面型枠がわりに使用されているが、後世の地下水汲み上げからおこる地盤沈下による下部工の不等沈下や、下部躯体のあまり端部に支承があるために橋台のあごにキレツの入ったものがある。

下部工は大河川を渡るときは井筒形式も相当あるが、小河川は木グイ基礎に重力式橋台をのせている。当時2本構によるクイ打作業であるから施工中群グイとなったとき、支持力が確保されたとの錯覚にとらわれたのか、深さ30m付近まで良好の支持層がなく、その間に生駒山系の砂質土がレンズ状に入り組んだ干拓地の東大阪地域では、施工機械の性能から短いクイ（10m程度）が、薄い砂層にあたって打ち止まっている。しかもこの地域は、最近の急速な都市化による地下水汲み上げによる地盤沈下の影響をそろそろ受けかけている。

資材が不足してきた時代には内務省土木研究所の指導により竹筋コンクリート橋支間もあるが数は少ない。

太平洋戦争後は復興が叫ばれたのに応じ、知事任期の4カ年計画で永久橋化を進め、昭和36年度に

成果を得ている。したがって、その期間に架けられた橋も多いが、前半期は経済性を重視する世論によって溶接橋、死活荷重合成ゲタ橋などを施工している。また自動車交通が現在のように混乱して<sup>3)</sup>いなかったので主ゲタ本数も減らした軽い橋を目指していた。しかし後半期は自動車荷重の大形重量化と、ぼつぼつ起こりかけた永久橋の事故をみて、施工性を重視するとともに、強い余裕のある構造を<sup>4)</sup>目指している。たとえば、合成ゲタでも強い横ゲタを入れて格子構造として局所的な超過集中荷重に耐えるように考えたり、重要幹線にかかる橋梁は地盤沈下対策用の端横ゲタの配置、床版の補強がある。特に伸縮継手は方々の事故例を参考に端横ゲタと剛結したり、金具をI断面にするなどを考えている。

以上のように職人気質で1橋1橋手がけた時代は昭和40年頃には終わり、それ以降は、大都市開発の新十大放射3環状線の大形投資を迎え、コンサルタント業者への委託もふえたため職人気質の内部技術者の量の不足と、協会などから出版される各種示方書の完備にしたがって足並が乱れている。

建設時の関係者・団体の資質とともに、維持保守について施設管理者がどれだけの配慮と責任をとってきたかも個々の構造物の耐力強度の信頼性を検討するためには重要である。構造物の力学的強度は使用材料の材質の劣化と関係する。構造部材の組み立て部は風によって運ばれる土砂塵芥の堆積場所であって、ここに雨水が溜ると鋼材では錆発生を促進し、次第に部材断面の欠損に広がる。また定期的な塗装を怠ると構造物の美観を損うばかりでなく、構造欠陥へも発展しやすいコンクリート材においても老朽によるアルカリ骨材反応で鉄筋が露出し、コンクリートの剝離や、部材の引張部分へのヘア亀裂の増進は構造物の力学的な欠陥になる。このような構造部材の老朽化を外観的に発見し、この調査点検結果を正しく評価判定して補修作業にまで運べるか否かは、維持担当技術者の資質と、それを実行することが許される施設管理者の維持予算額の調達余裕であるということができる。

土木構造物の信頼性と余寿命の計量的評価・判定は構造物自身の部材構造の欠陥を綿密に調査し、それらの欠陥を起すに至った力学解析等と、上部荷重を確実に支持地盤に伝達分散しうる構造系としての健全度、及び伝達された応力に耐える受働土圧を確認できる地盤層の存在を具体的・計量的に取り扱うことによって判定するが、一般的傾向としては表5.4のような項目が計量調査を取り組む難立てとなる。

表5.4 土木構造物の信頼性の計量調査項目を検討する以前に考えておく事項

	担当部局等の能力	(補修等による耐力の) 回生の要因	(破壊進行による施設の) 廃棄の要因
建設時	施設設置者 設計技術者 施工業者 使用材料	建設予算に余裕があった 高度な技術者が担当した 記録保存が良好 同年代に補修を要する構造物が少ない 施工の品質管理が良好で記録が存在 同時代の施工が全般的に良好 記録等から信頼度が高い	建設費の経済性を追求した 初等技術者が基準・示方書類に盲従した 記録保存が不良 同類の破損現象がしばしば生じる 生存中の関係者の間にも不信感がある 同時代の同地域に欠陥構造物が多い とくに現場施工材料の品質不良
供用期間中	供用荷重 点検 周辺環境	建設年次が新しい 超荷載荷が機会が多いが局部破損程度 構造系が単純な静定構造 補修箇所の力学特性が単純 建設時点からほど安定	建設年次が古く、設計基準値も低い 高次の不静定構造系 補修付近の母材にも強度不安多し 補修中にさらに別の破損に発展しやすい 進行中の地盤沈下、洗掘あり 二次破壊への発展が予想される
その他	施設の重要度 都市景観等	代替機能を持つ別施設が併設 文化的遺産価値あり	基幹重要・巨大施設 陳腐による景観への障害

## 5-2 発見した破損・破壊現象をどのように評価するか？

個々具体の供用中の既存の構造物を維持・保守・管理<sup>1)</sup>して発生する破損・破壊の現象をどのように評価するかについて著者の道路橋にたいする体験もふくめて述べる。既存の構造物の破損状態は計測によるよりも、構造部材の外観に表れる変形変化を中心に、コンクリート材では部材に亀裂が明らかに表われる湿潤状態のときにその発生位置・方向、その間隔を確かめること、乾燥状態のときに表面コンクリートの剝離と鉄筋露出、アルカリ反応による表面色の変化が顕著なのでこれらを調査することからはじまる。また鋼材については雨水の溜りによる錆の発生と錆による断面の欠損欠落、摩耗抵抗の増加、表面しわによる圧縮潰、亀裂発生などが肉眼でも明らかである。これらの外見的破損状態と構造物の力学的特性とその評価判定の方法論を力学系で類型分析し、それらの類似構造物ごとに類型分けした資料を蓄積していくことが作業の第一段階となる。

いま図5.5のように構造物の信頼性を、新設されたままの状態であったときと、何等かの外部補修、外部要因が加えられたものとに分けて考える。まづ道路橋構造は上部構造、支承構造、脚柱構造、基礎工に大別される。また上部構造は自動車荷重を直接的に載荷する床版構造、構造部材の部材断面における局所的な変化、及び構造物の組み立て材全体とに分けることもできる。

床版については設計荷重及び設計々算法について次のように取り扱われた。昭和14年制定の示方書までは、床版は主桁と横桁で四辺単純支持された矩形板として設計された。四辺単純支持条件を満たすためには、活荷重にたいして主桁・横桁が不等沈下しない剛なものである必要がある。しかし供用活荷重値が設計時代より重くなり、しかも輪荷重には集中性があると、載荷近傍にては沈下変位することは当然である。また、鉸桁橋では並列した主桁相互に不等沈下が生じると、四辺単純支持版は、その支持条件が不等沈下をうける不静定系の影響をうけて、それだけの余分の応力が単純版に加算されることになる。この超過応力状態は床版の主要材料が鉄筋コンクリートであるため細い亀裂の発生となって表れ、自浄の回復力に欠けるため、超過応力の発生に従って破損を進め、遂には縦横の間隙の狭い亀裂網となっていく。

昭和30年以降に流行した鉸桁橋における床版は、2本の主桁に囲まれた一方向版としての力学的取扱を行うように示方書で指導されたため上記の力学傾向のほか、半無限版となる主桁端部においては極端に耐荷力不足を示した。このような床版としての局部応力のほかに、鉄筋コンクリート床版を鋼I型主構断面の一部として合成する計算法が普及したので、従来余裕とみられていた床版にたいする縦方向応力をうけるため重ね部材のズレ止めとして shear connector が装備されることが流行した

図5.5 既設土木構造物の信頼性の要因図

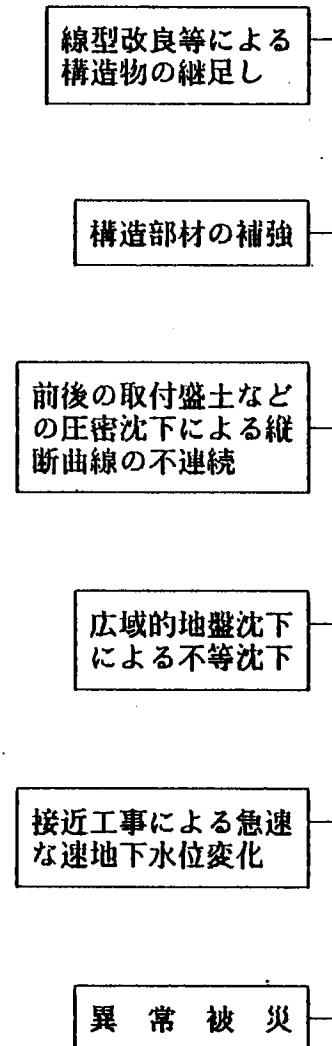
著者が多く経験した  
破壊理由

母材構造の信頼性欠落  
異種材質による不調和  
異種構造による不調和  
  
異種材質による不調和

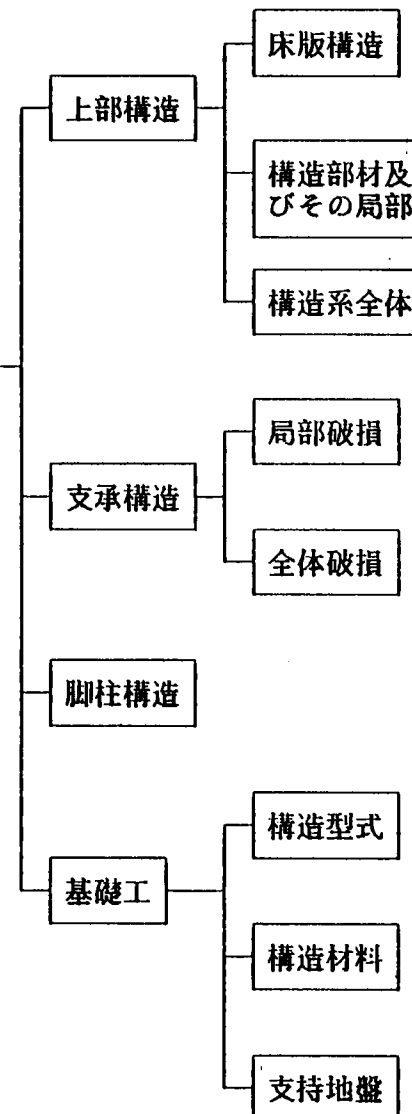
基礎工の支持層のちが  
いによる圧密沈下量の  
相互不等量

河川の異常出水による  
橋脚附近の洗掘

周辺地の影響の要因



構造物部材自身からの要因



著者が多く経験した破壊理由

使用材料材質の弾性と設計法の不調和  
載荷荷重値と構造系の鋭敏度  
  
使用材料材質の弾・塑性と変形量・変形域  
錆等による部材断面の欠損  
  
載荷々重値と設計強度値の余裕  
下部工の不等沈下等 支持条件の変化  
  
施工不良による強度不足  
  
錆による滑り抵抗と機能の悪化  
  
  
  
  
  
露出した部分の漂砂等による材料摩耗  
  
圧密沈下  
地下水位変動による局部破壊





が、断面設計にあたっては主構としての全体応力と床版としての局部応力の重合による許容応力値の低減が行なわれなかったため、当時建設された道路板桁橋の多くに床版コンクリートに亀裂が入るといふ破損が表れた。幸にして 破壊事故に至るまでに早期に発見されたので、改めて 設計計算法の改善として四方向性版の力学として主モーメントが見直されるとともに、斜桁橋床版における鈍角部を中心に局部的な主応力にたいする設計法の提唱になった。

道路橋における床版設計法の主要因として、自動車車輪による活荷重値、とくに超大型車両と主構全体の質量比が異なるため、載荷荷重によって発生する運動量と構造部材とくに載荷近傍の応答する運動量が等しいとすると、床版コンクリートが受け持つ運動エネルギー量が大いこと、その現象にたいして、主要材料がコンクリートという現場施工時の品質管理によって、弾性限界値が低く、かつ塑性域への進行と、回復不能の破損として亀裂発生に早期に至ることなど、構造系としての供用状態にたいして鋭敏度が高い構造系にたいする配慮の欠落といえる。

著者は大阪府において橋梁建設を担当した当時、この点を指摘し、板桁橋にあっては主桁間隔を狭くすること、主構としての横桁を配置し、床版の構造系を無限版から四辺支持版にすること、床版支持のためのはりの断面剛性を高めて、半固定支持の挙動状態に近づけることなど、載荷荷重によって床版に発生する運動エネルギー量の絶対値を小さくするよう努めた。さらに床版コンクリートの現場施工厚さ、鉄筋配筋位置の施工精度を高めるために計測治具、施工治具<sup>5)</sup>を開発し普及させた。

次に上部構造物の構造部材の破損・破壊について求める。構造物にかかる外力を計算整理することによって部材断面に働く応力度は垂直応力 $N$ 、せん断応力 $Q$ 、及び捩り力 $T$ にまとめられる。上部構造物の主要材料としては 供用する常温状態で、材料材質の弾性限界域が広い、連続した曲線をもっていることが望ましい。土構造物の部材設計にあたっては通常捩れ応力が発生しないように配慮する。また 材料の塑性域における応力状態は曲げをうける断面よりも 垂直力をうける断面が全断面として均等に働くために、応力・ひずみの関係は鋭敏である。従って鋼材については引張試験を、コンクリート材については圧縮試験として、一軸の垂直応力度とひずみ曲線を図5.7のように画ける。構造部材の設計は、安全性の保証のため、材料材質のもつ降伏点応力度から余裕をとって幾割かの値を設計許容値と定めている。しかしながら、設計荷重値を越える超過荷重値が載荷したとき、あるいは腐蝕・剥離などによって建設当時の断面形状が保てていない場合は、定めていた許容値を超えて降伏点、あるいは破壊値に近づく。とくに曲げ力をうける鉄筋コンクリート部材の場合の引張縁においては、コンクリート材の引張応力度がある値（普通圧縮許容応力度の  $1/20 \sim 1/40$ ）を超えると、細かい亀裂が入る。最初はこれらの亀裂は桁支間の応力度に応じて均等に分布しているが、大きな応力

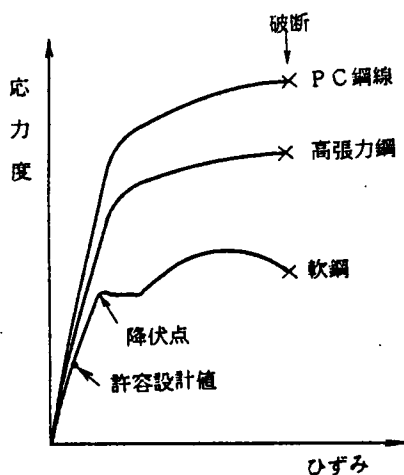


図5.6 鋼材の応力・ひずみ曲線

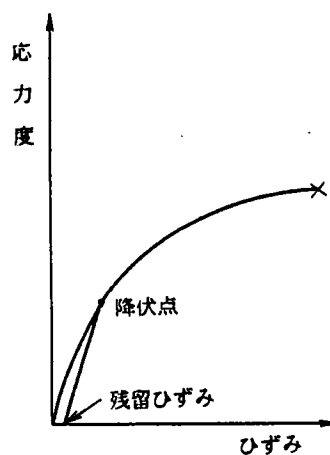


図5.7 コンクリートの応力・ひずみ曲線

度・繰返し荷重・材質の均等質などの理由によって、どこかの亀裂の隙間が広がるなど破損の集中が生じると、雨水の露結など漸次破壊に発展しやすい。とくに施設管理者の補修にたいする予算力・技術力が低いときには、このような構造部材の局部は塵芥が堆積し、雑草・鳥巢の生育場所となりやすいので、構造部材の破損を促進することになる。

このように、さまざまな原因・現象を解析して、構造部材の断面形状と素材の材料強度を正確に把握することが既存構造物の信頼性の評価法の第一段階である。次いで、破損・破壊の発生現象からみて、供用中に発生したと予想される応力状態を建設時に用いた示方書の考え方に従って、そして現象と挙動を推測するにたる現在の構造物解析法で計算してみて、それらの結果を母材材料自身の許容応力度と比較すると、計量的な信頼性への評価・判定とすることができる。

次に上部工の構造系全体についての信頼性を考える。構造部材の力学的応答は 使用材料の材質による弾・塑・脆性と、施設の供用温度・衝撃力などの载荷状況によって、その考え方は異なった基本理念からの取り組みが求められたのにたいして、道路橋・鉄軌道橋の土木構造物の力学的構造系は弾性論の範疇を使用しているのが普通である。したがって その耐荷力を構造物のたわみあるいはある点の変位変形をとると図5.8 のような連続的ななだらかな曲線が画ける。いま大阪府道に多く架設供用されている中小規模のある個別の桁橋を例にとって考えてみると、その道路橋の設計建設時点での設計耐荷力はA点であったとする。建設後 多少の補修補強があっても死荷重による値はあまり変わ

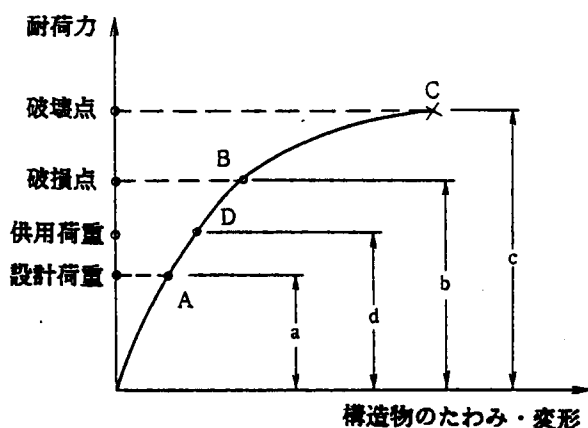


図5.8 構造系としての耐荷力と変形曲線

らない。これにたいして活荷重として供用されている自動車荷重は一般的にいて大型化しているので、これらを加え合わせて、現在の供用では発生荷重はD点であるとする。このように仮定すると構造物としての信頼性の低下率は次のようになる。

$$\text{荷重の増加量} \quad (d - a) \quad (5.1)$$

$$\text{信頼性の低下度} \quad \left( \frac{c - c}{a \quad d} \right) = c \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{d} \right) \quad (5.2)$$

いま 主構として主桁断面を決める第一義要因としての死・活曲げモーメント比を作ると

$$\frac{d}{a} = \frac{\text{現在の供用中の曲げモーメント}}{\text{設計・建設時の曲げモーメント}} = \frac{M' d + M'_{L+i}}{M d + M_{L+i}} \quad (5.3)$$

ここで  $M' d = M d$ 、 $M d \approx M_{L+i}$  とし、図5.4 の値をとって代入すると

$$\frac{\frac{M' d}{M d} + \frac{M'_{L+i}}{M d}}{1 + \frac{M_{L+i}}{M d}} = \frac{1 + \frac{M'_{L+i}}{M_{L+i}}}{2} = 1.2 \sim 1.3$$

$$\therefore d = (1.2 \sim 1.3) a$$

(5. 2) に代入すると

$$c = \frac{1}{a} - \frac{1}{1.2 \sim 1.3 a} \approx 0.8 \frac{c}{d} \quad (5. 4)$$

となって、明らかに信頼性は低減している。しかし公共の安全性を保証するため、設計当時に材料及び構造設計は破壊限界にたいする安全率として、ほぼ以下の余裕を与えている。

長期荷重及び軸力による垂直応力度：約3倍

短期荷重及び曲げによる応力度：約2倍

すなわち、構造物としての信頼性の低下は破損迄の領域内での供用であることが多い。しかし、主要構造部材の一部あるいは局部でも破壊の領域に入ると、漸次破壊が進行して、構造系全体を総合的に展望した挙動・現象よりも落橋事故に発展することも多く、後述するように、構造系の主要格点の破損の主要因から、供用管理にたいして構造物全体を評価・判定することになる。

初等力学における 1) はりの力学解析の取り扱いとしては以下のような仮定がされていることを改めて認識する必要がある。

- (1) 部材の材質は均一な等斉材であって、しかも応力状態はフックの法則が成立つ範囲である。
- (2) 材質がそれぞれ等斉であっても、それぞれの部材を重ね合せたものは、その各材質の接触面において完全にスベリを生じない範囲であること。
- (3) 衝撃のような急激な荷重や、均等なヒズミ分布を生ずる以前に、応力度以外のエネルギーとなって発散、吸収されるような荷重状態は除く。外力は静的に作用し、力その大きさが0→最終値迄静的つり合い状態で振動衝撃を併なわない。
- (4) 部材の降伏破壊は、その降伏点に達するまでの応力度で示されるため、部材にあらかじめ加えられた初期応力、加工時に導入される加工応力（冷間加工など）は、これらの公式で得られる以外である。
- (5) 断面の局部に急激な変形のある部材では、その変形局部は均等な応力の流線が生じない。
- (6) 垂直応力を受ける部材では、応力に応じて自由にヒズミが生ずることのできる構造でなければならない。また部材は直角で、軸力が断面の重心を通り、応力分布は均等でなければならない。曲がっている部材に垂直力が働いた場合、あるいは真直な部材でも偏心した垂直力が働いた場合は部材には曲げモーメントが働いて、部材長がタワミによって異なってくる。

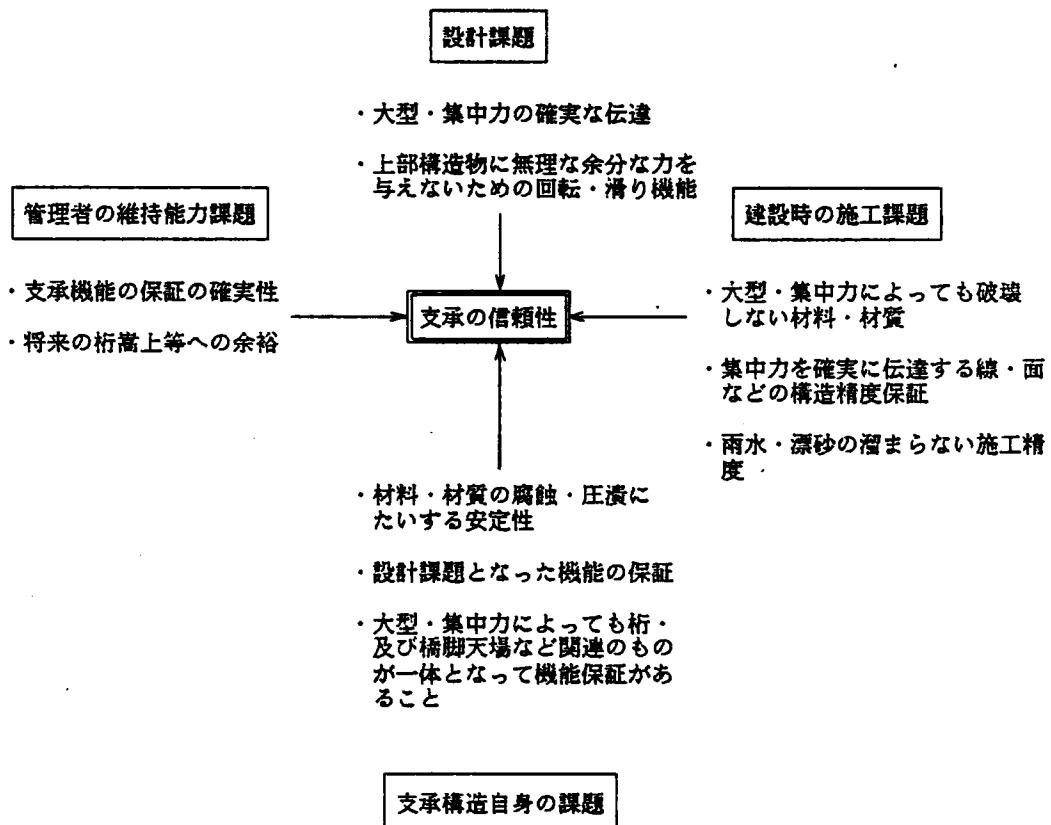
- (7) 曲ゲモーメントを受ける部材の公式  $\sigma = My / I$  が十分有効であるためには、支間がケタ高に対して十分大きくなければならない。(ケタ高/支間)の比が小さい部材では、曲ゲモーメントによる挙動以外に、構造物の変形はその寸法に比し微小で、微小変位の力学に従うセン断力、ボアソ効課による影響が入ってくる。たとえば  $l/h = 10$  の長方形バリでは、セン断力がタワミに及ばず影響は約3%であるが  $l/h = 4$  の長方形バリではその影響が約20%にもなる。
- (8) 曲ゲを受ける部材は小さな曲ゲ率で、タワミを生じた後の曲ゲ率も小さいこと。曲がった部材では曲りバリの計算となる。
- (9) 曲ゲを受ける部材の載荷状態は、部材断面の中立軸に対し直角方向であり、かつ荷重は断面のセン断中心を通らなければならない。セン断中心を通らない荷重に対しては、部材は回転を生じ、ねじりが加算される。
- (10) 細長比の大きな部材、すなわち太さに対して長い部材は、断面全体が降伏点に達しなくとも、部材断面によっては座屈がおこることがある。たとえば、曲ゲを受けるワイドフランジゲタはフランジの横座屈を配慮する。また針金は引張力を受け持つがこれと同じ値の圧縮力は受け持てない。
- (11) ねじりモーメントを受ける円形以外の断面を持つ部材では、単純セン断応力以外の応力度が生ずる。

支承構造は上部構造物の死活荷重を橋脚柱軀体に伝達する中間にある。双方の大きな重量に較らべると支承自身は軽量といえるので、各構造部分を伝達する運動エネルギーを等しいと考えると、質量が小さい突起した構造であるので、それ自身が強度の高い材料で製作されるとともに、接続した他の構造物に完全に剛結されている必要がある。また 上部構造物は温度変化をうけて構造部材の伸縮作用と、活荷重載荷による主構のたわみ変形を支承部で回転移動に変える本来機能を設計課題としている。これらの機能保証として支承の信頼性は図5.9 のようにまとめられる。

施設施工時では普通鋳鋼材で単品として工場製作されるので、材料材質の強度保証として化学的成分のほかに、材料にふくまれる気泡・内在ひずみによる残留応力除去が重要であり、このため鑄造工場の技術保証と焼鈍による応力解除が行なわれる。また大型集中力を伝達する機構として、部品相互の接触面は高い支圧力をうけるので、接触面応力(Contact stress)としての応力解析がされる。このことは与条件とした線・あるいは面の接触面がその力学特性を確実に保証する工作精度を有して、かつその精度保証の据付施工が求められる。

土木構造が竣工し供用開始された後の支承位置は道路橋路面あるいは架橋地点の下側から、肉眼でみるのには死角になる位置が多く、支承の腐蝕をふくむ材料断面の健全度、及び滑り・転がり機能にたいする信頼性はしばしば維持管理者の盲点となって等閑されることが多い。そのため雨水・塵芥の堆積場所となって、時には雑草が繁茂し、鳥類が巣を作っているのを見受ける。維持技術能力の不足は材料の腐朽を早め 支承としての機能障害に発展しやすい。

図5.9 支承にたいする課題



橋脚柱の軀体は 特別な条件の設置場所を除き力学的にも単純な構造が多く、常時荷重では全断面積が有効な圧縮材として設計しやすいので、材料の低廉性から鉄筋コンクリートが用いられることが多い。従って、集中力を受ける上部構造部支承附近の局部応力による破壊や、力学構造系の偏断面部（横ばりと柱の剛結部等）を除くと、あとは軀体に働く大型集中力として、2層式道路橋における橋脚への自動車の衝突、河川水路部に建設されたものへの洪水による転石の衝突などで、土木構造物として要求される施工精度も低く もっとも容易な部分である。

基礎工は最適構造規模・型式として想定された人為工作物で施設の供用による耐力強度値を 天然造形物の地盤層に伝達・伝播し、地盤層のもつ性質のなかに如何に最適構造型式を選択し施工するかが第一義目的で、施設の計画、土質調査、設計法、施工法、供用荷重及び将来的な建設地点の周辺環境を影響をまとめると図5.10のような相互関連図になる。

地盤支持層は土層構成の土粒子分布・粒型など材料固有の性質、密度・層厚によって作用荷重を応力度の減衰をはかりながらどの範囲まで分散するか、同類地盤層厚さによる応力伝播状況の差異などと、時間的変動条件として土粒子中に含有される被圧水の動水勾配によるせん断抵抗値の変動など土質調査で判明するべき多種多様の力学的傾向を持っている。これらの時間による変動条件にたいして、固定施設としての基礎工工程種類の選択（Spread Footing、Pile、Caisson 等）と、受働土圧、支持力、許容沈下量（弾性変形、局部せん断抵抗、全体せん断抵抗、圧密、Quicksand flow 等）の設計法としての検照と信頼性の高い施工技術能力との調和が求められる。

また土木構造物の竣工後の時系列的变化として長期載荷による土の塑性変形、地下水位の変動による地盤沈下、や短期外力として、河川の洪水等のように脚柱造物周辺の流速による河床の洗掘によるなど天然条件の影響を受けやすい。

以上のように既存構造物の破壊・破壊の具体的現象を発見したときは、構造型式・設置位置等の天然条件、人為的条件を広く総括しながら、もし現在の技術力で同種の構造物を計画するときの配慮点の要因のシステム流れ図を作成し、その要因のおのおのについて初等力学の成り立つための仮定条件を考えながら、まづ現象が発生する傾向を調べてみる。次に現象を忠実に認識しながら、漸次初等力学の成り立つ仮定条件を取り除いて、近代技術力で詳細に具体的に現象を追求し類似施設の類似現象と対比しながら評価する。いづれにしても破壊・破壊の現象の総論としての要因分析の流れ図は同種であることが殆どである。しかし各論に移ると要因の解析には近代技術力が導入されて数値解析法、材料材質の実験解析法、それらの調和をみながら要因の優先度の評価を加える人材組織の投入によ

て、計量的な判定に導くことができる。

この事柄は第2章で述べた土木構造物の開発史においての事故例とその原因説明から得た問題点の注出と追求による現象にたいする新しい技術開発でもあって、絶えず繰り返されながら技術の進歩に発展してきているといっても過言ではない。



図5.10 地盤層と上部構造物の主要因の相互関連図

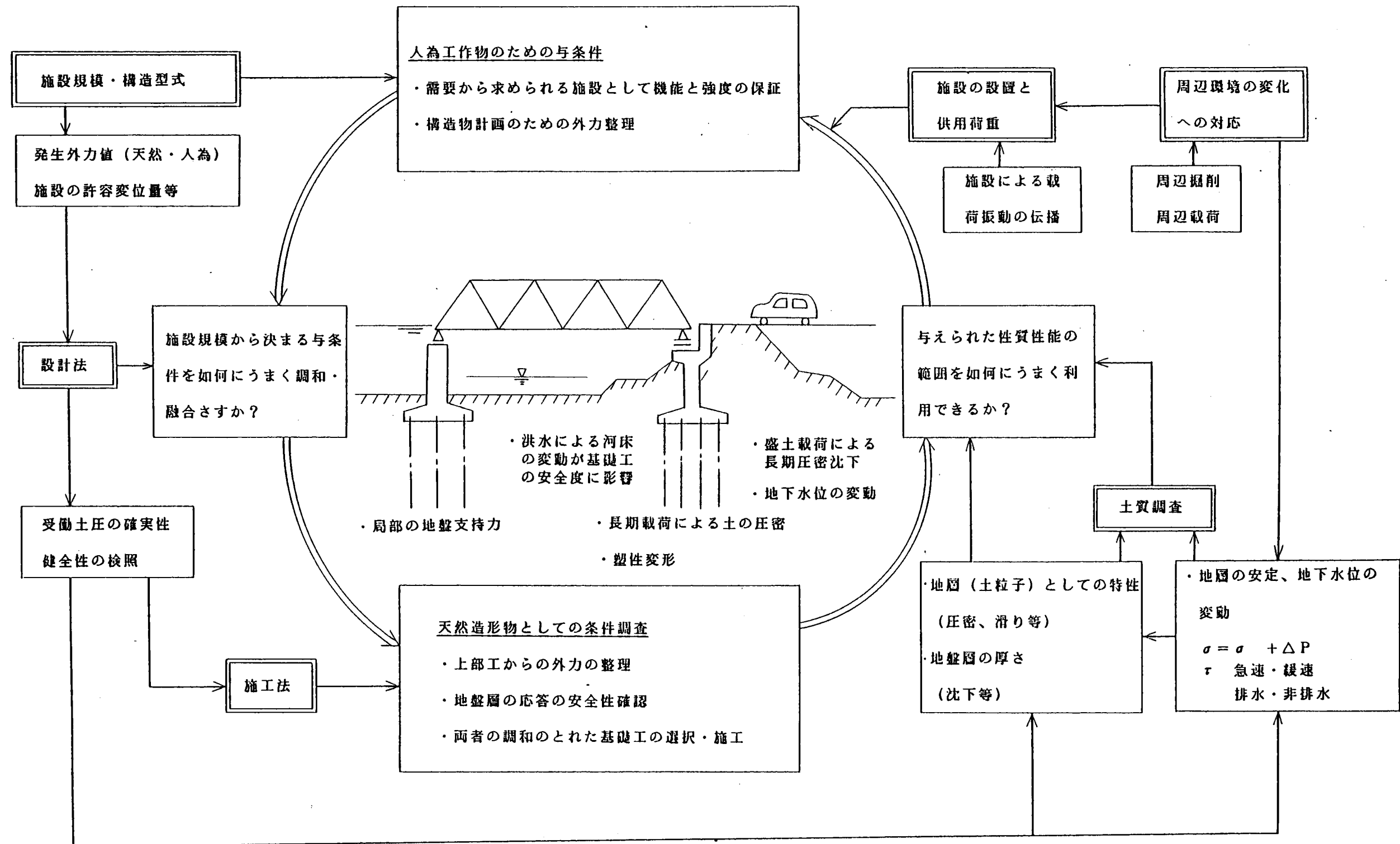
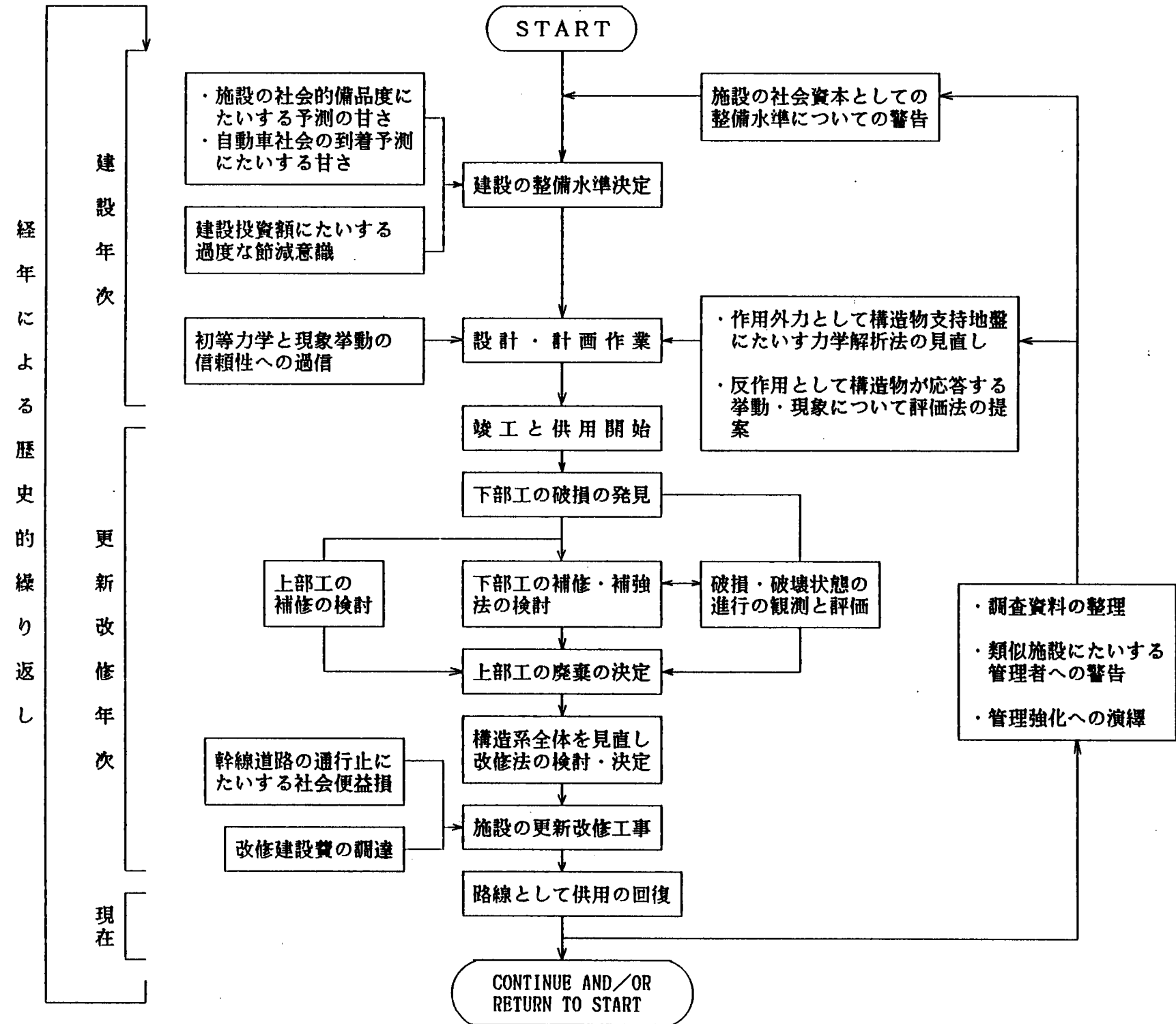


図5.12 厨中橋の建設と更新改修を例に経年によるRe-cycle System 図



### 5—3 破損・破壊の発見から対策完了までの時系列

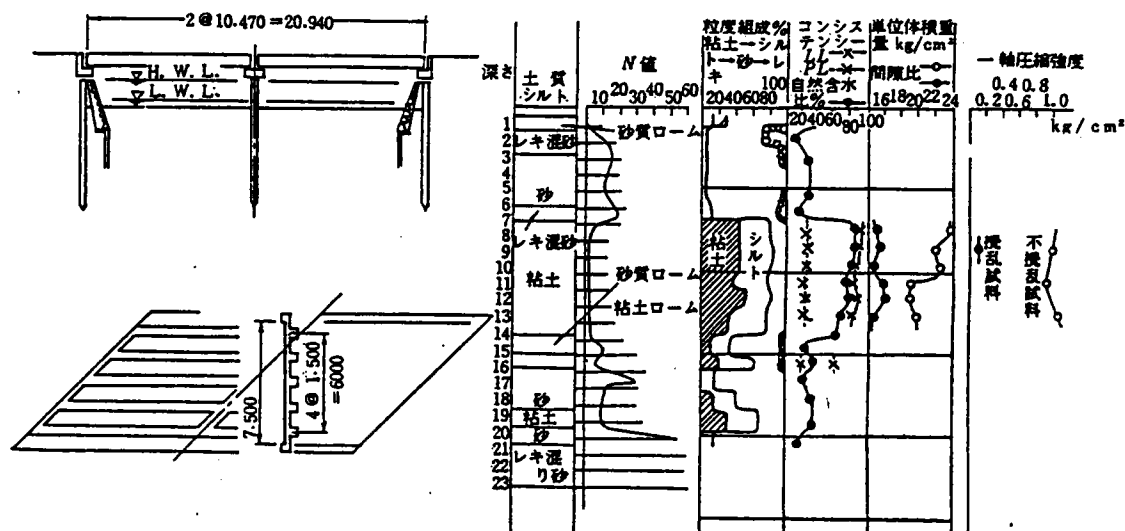


図5.11 破損前の一般図

図5.11の昭和27年に設計・施工されたコンクリート杭をPile bent方式とする下部工のうえに架設された2径間の鉄筋コンクリートT型桁橋を例にとりあげて、供用10年にして支障をおこした昭和38年頃の出来事として、破損と発見からその進行の観察と、姑息的な補修対策から、考え方を大改修に移行させた経過を顧りみながら、道路管理者として著者の体験をもとに述べる。

この補修改修作業の要因関連図を整理すると図5.12の通りで、路線計画論としては当時急速に整備を進めていた府営水道本管敷設事業に附帯して進められた道路新設事業であった。当時の社会事情を反映して失業者救済事業の一環として建設を考えたので、予算措置の不十分さ、府の直営作業としての労働者への仕事の提供のために、現場施工には極力人力を要するような現場練りコンクリート材を利用すること、施設の維持管理費の低廉化を意識すると、工種工法の採用は理解されるところである。しかしながら 当時の大阪圏の都市人口の爆発的増加は安い土地を求めた低廉な住宅建設と、工場の沈下水汲みあげによる地盤沈下現象の指摘はされていたし、また 本路線の計画策定論として将来的な広域大阪圏交通体系の幹線道路網の一部であるので、自動車諸元の大規模化と重交通量化などの社会的発展性は呼ばれていた。このように社会的備品性を探索するために調査母集団の範囲を広げると、

今少し安定した永久構造物としての構造型式などの整備水準を得たかも知れないが、前述のように構造物建設を第一義として型式選定の母集団を整理すると、東部大阪特有の軟弱地盤地帯に、最小耐力保証基準の二等橋荷重（自動車は9 ton、等分布荷重は400kg/m<sup>2</sup>）で、先端支持の杭に枕ばりをつけ、その上に横方向の剛性も省略した径間 $\ell=10.470\text{m}$ 、巾 $b=7.5\text{m}$ 、 $(b/\ell=1/1.4)$ の鉄筋コンクリートT型桁を構造を採用している。以上のように施設整備の需要は強いというものの過度な建設投資額とその執行作業への制約条件が、狭隘な社会発展予見力しか持ち合せなかった計画担当者の意識を抑圧したと考えられる。

架橋地点をふくむ東大阪地帯は大阪の古水系の地形からも明らかなように淀川、大和川の漂流土砂が堆積した広い地域を、干拓してできた土地であって、ボーリング図からも明らかなように表層からわずかな砂層の下は高い含水比と鋭敏比をもつ粘土土壌層である。従って振動等の原因で橋脚の bent pile先端の局部支持力が破壊すると、抵抗支持層を持たない杭は急速に沈下現象をおこす。図5.13は架橋附近住民から橋梁がくの字形に窪みだした現象の通報があつてからの観測結果で、その沈下進行速度は2～3mm/日である。

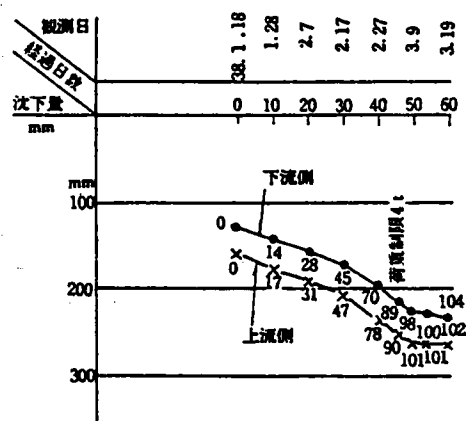
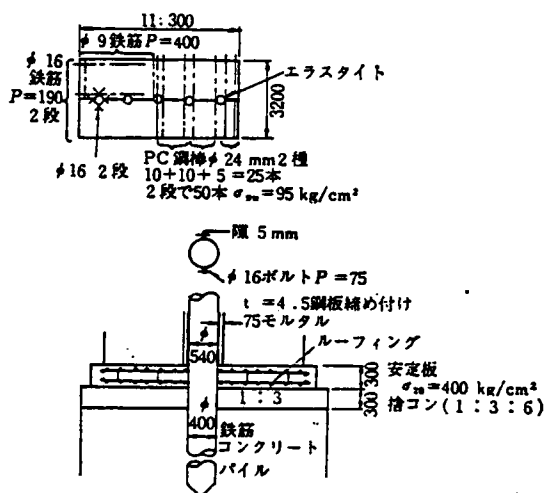


図5.13 沈下速度図

そのために鉄筋コンクリート杭の地中における局部破壊にたいする先端支持力を、比較的土質状況が良ましい表層近くの地盤層への荷重分布のために版を持った浅い基礎構造に構造系の変更を検討した。



計画する工事としては図5.14のように先づコンクリート杭に基礎工としてフーチングを設ける。版の下側の土が周辺軟弱地層に逃げないように施工性もふくめての土止め壁として矢板で取り囲む。フーチング版はプレストレスト工法で杭の壁面との剛結をはかる。また この接触面の摩擦力を高めるため、併列杭間には縮み代としてのエラストイトをはさみ込む。既存の杭には亀裂等破損現象は表れていなかったが、フーチング版のすば抜けと杭の軸方向耐荷力を増すため、極型をした鉄板で全周を締めつける軸圧縮効果を期待した。

基礎工補強中にも橋脚の沈下は進み、二径間の上部工の中央支点附近の主桁は、沈下折れ角による

互の接触面の圧潰がはじまるとともに、支点構造が平面から突角の線に移って、せん断力による主桁の縦方向亀裂も発生した。その結果 上部工についての確実な補修方法については見出しにくいのと、下部工への载荷荷重を軽減する理由もふくめて遂に鉄筋コンクリートT型桁の全部を廃棄し、施工の早いI型鋼材による桁橋へ全面改修を行った。

これらの一連の補修補強作業を実施するにあたって建設当時の技術担当者への直接インタビューをふくめて、次のようなことがわかった。

先づ土質調査について、この地帯は高い含水比の軟弱粘土層で、埋立盛土上を重量自動車が走行しただけでも、ゆらゆらと周期の長い振動が地表まで伝播するが、ボーリング調査技術が未熟であったため、土の粒度分析が行なわれたのみで、杭の先端の局部せん断破壊、広域的な地盤沈下の際に発生する杭壁の負の摩擦力による杭先端への荷重増、通行車両がおこす振動と粘土の鋭敏比などについて十分対応できていなかった。

杭の打ち込み施工にあたっては、大口径長尺杭の立て込み作業は慎重に行なわれたが、打込み機械の分銅重さと杭自重、打撃回数当り沈下量などの動的解析について旧来の維規模の小さい打込公式をそのまま適用したための支持強度の過信もある。

軟弱地帯に建設する構造物はたとえ下部工が地盤の圧密沈下によって不揃いが発生しても、道路橋の第一養目的が前後道路の線型と一体となった縦断曲線を保証するために、支点附近に主桁嵩上用のジャッキ台等の装備が設けられていない。

上部構造は極度の斜桁橋である。斜桁橋は支間と巾員比、斜角、縦横方向の主構の相関剛比などによって鋭角部及び鈍角部には直桁構造と異った特性が表れるが これらにたいしての配慮が欠けていた。

このような破損から破壊に至る時系列的な現象の原因の追求は、事後処理として行なわれ、その時の技術力で一応の補強を終え安全性を確保した。しかしこれらの現象を反省してみても、整備水準を建設投資額からきめられたこと、計画・設計当時の担当組織の技術力が当時の社会事情を反映して、あまり高度でなく、また学術研究は行なわれていたが、広く誰でもが理解し 利用できるまでには開発普及されていなかったこと等の多の理由をあげることができる。この破損・破壊例は極く身近かで生じたために、世間から批判を受けたが同様の事柄は前述2-5の土木技術開発史で述べたと同種のことで、施設の管理者は このような轍をふまえて、次代に公共の福祉を提供する施設の建設整備への要因とその優先度について見直を行うことになる。あたかも図5.12で示した同類の施設について、建設年代の過去と供用中の現在の基幹システム分析結果を将来への対応として繰返し反復することに意義があって、その観点から公共施設の一連のみかたについてはRe-cycle System ということができる。

#### 5-4 構造物の破損・破壊の発見と評価・判定システム

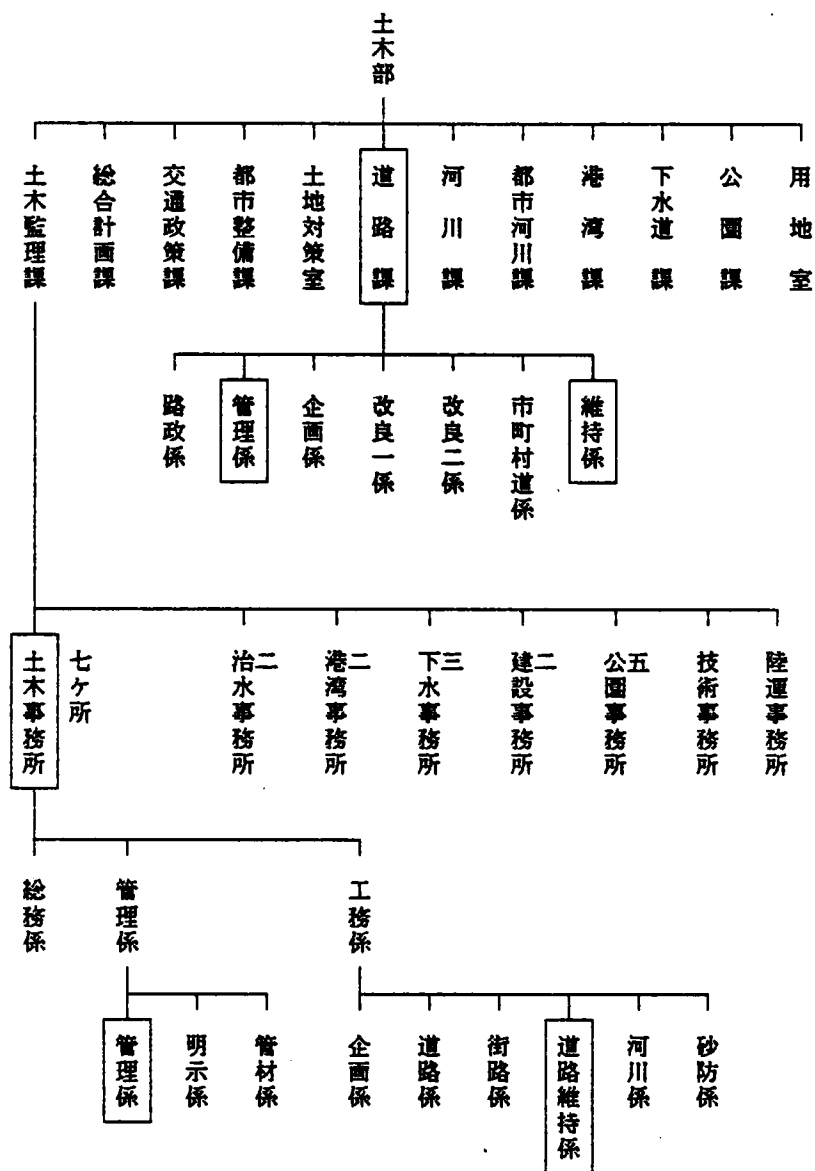
大阪府が管理する道路橋を例にとって述べると、その橋数は 約1300橋に及び、これらは建設年次の古い設計荷重基準値のものから、最近の基準値のものまでさまざまである。また、経年によって設計の科学技術、供給普及材料の質と量、それらを担当した技術職員意識の変化と流行によって整備水準の理念もさまざまである。このような諸要因の影響が複雑に交錯しているが、供用中の現在からみると、そこにある施設としての土木構造物の個々について直接点検・計測して、それぞれについての評価・判定を下だすことが最も急がれる重要問題である。

しかしながら 大阪府における管理者の組織と、職員の技術力はこのような事務事業を行なうのに必ずしも適切な状態ではない。因なみに土木部組織は図5・15の通りで、それぞれの部門の職員数と、既存の道路橋等構造物をふくめ一般道路の維持管理を担当している職員数は表5・5である。土木部組織図において、既存の道路構造物及び構造物を主担するのは道路課である。その内訳として施設の供用・運用の法令類は管理係（5人）、技術面は維持係（7人）で、直接施設にたいしては府下を7つのブロックに分割した土木事務所のなかの管理係（平均 5人）及び維持係（平均 5人）である。これらの人数を土木部全体にたいする比率をとると、事務職 5.3%、技術職 4.8%であるから、現在の時代では まだまだ施設整備に行政としての重点がおかれているといっても過言であるまい。また、既存の土木構造物の破損・破壊を発見して、その程度を適確に評価・判定することは、新設構造物の設計・建設取り扱いのように標準的指導書が少いだけに、構造物の本質・特性・現象・挙動と応答等をよく理解して、ある意味では新設構造物よりもさらに高度な巾広い技術力を要求されるのにたいして、しばしば職員の資質においてその配属に疑義がある。

このことは 構造物は安全率の信頼性を低減した形での供用であって、健全度に影響が表われはじめても相当の期間放置されていることが多い。従来の道路橋の破損・破壊の現象の把握は、主として道路利用者が利用に際して不安・不便を感じて土木部組織に通報してくれるという善意に甘えた姿であったので、路面管理は指摘されやすいが構造物の耐荷力にかかる力学的欠陥は 相当進行した破壊状態に至らないと発見しにくい。また これらの情報を得て、専門的知識を有する技術者が現場に急行し目視による判定の後に 詳細な耐荷力判定の実験的、計算的な推定法がとられていた。これらの手法は大阪府以外の道路行政庁においてもほぼ同様であって、過疎地域になるほどその組織行動力は貧弱で、事故を発展して後に処理される例を多く仄聞している。

従って既存の多量の構造物の健全度を定量的に把握し、これらの欠陥にたいして余裕のある計画的なシステム作りが今日の課題となる。

図 5・15 大阪府土木部組織表



以上の目的のためにまづ図 5・16の流れ図に従って、具体の土木構造物の現場実施点検として一次と二次とに分けて取り組む。一次としては表 5・6 の通り 構造物の部材の外見的な健全度を目視し、教則的指導書に従った評価判定を与え 健全度の水準によるグループに分類整理する。



表 5・5 大阪府土木部職員現有表  
(昭和 57 年)

	土木部の職員数				道路構造物の維持管理担当			
	事務	技術	技能	計	事務	技術	技能	計
本 庁	230	269	3	502	5	7	—	
事務所	522	613	693	1828	7@5 35	7@5 35	7@2 14	7@12 84
計	752	882	696	2330	40	42	14	96

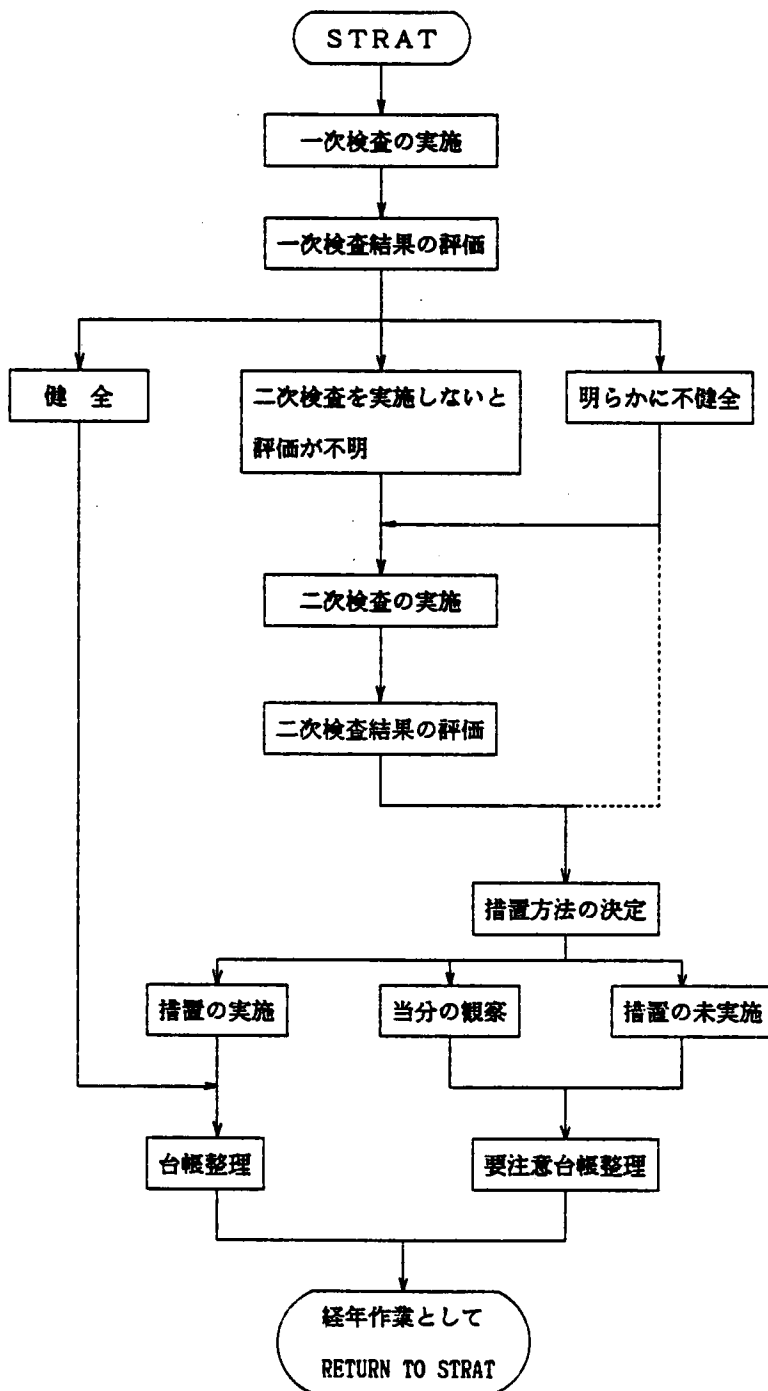
表 5・6 構造物の破損箇所調査表

項 目	点数制	記 事 内 容
部 材 位 置 破損の種類 破損の量 破損の進行状態 評価・意見		

表 5・7 健全度判定区分の適用方法

判定区分		供用にたいする影響	変 状 の 程 度	措 置
A	AA	危 険	重 大	緊急な措置
	A <sub>1</sub>	早晚脅かす 異常外力の作用時危険	変状が進行し 機能低下も進行	早急な措置
	A <sub>2</sub>	将来脅かす	変状が進行し 機能低下の恐れ	必要な時期に措置
B		進行すればAランクに	進行すればAランクに	監 視
C		現状では影響なし	軽 微	重点的点検
S		健 全	な し	定期的点検

図 5・16 健全度判定の手続



これらの分類整理された一次検査の台帳を用いてこれらを表5・7にならった健全度判定区分に整理し、危険度が高いものから順次二次検査として、構造物の専門家で組織された検査班による詳細な検査・評価・判定と、補修補強更新への措置方法及び緊急度・財政予算額との関連からの措置時期についてシステム化する必要がある。従って、一次と二次における検査目的は総括的な健全度の分類分けと、それに従った不健全と思われるものあるいは更に詳細な検討を必要とするものによる類別分けで、その目的遂行のためには当然検査の手法は異ってくる。この意味では従来から道路法の条文に従って道路管理者は道路台帳を整備することを義務づけられてきたが、その整備内容は地方自治体の中央政府にたいする財政援助の指標として用いられてきたため、道路市員とその延長など量についての内容の終始し、構造物の耐荷力強度等の質については等閑視されていた。

作業と業務内容を再度整理すると図5・17のように構造物の分類による特性の把握、その教育普及徹底としての組織の確立、実際構造物への直接・具体的な検査の3本柱と、必要な対策と措置をほどこすことによる構造物の信頼性の回復である。

一次検査においては日常業務の一貫として現場構造物にたいする広域な検査点検であるので、高度な専門的知識を有する組織作りは早急には困難であろう。従って彼等グループにたいして構造物の建設後の経歴として表5・8のような基礎的資料の整理と、現場構造物の構造型式による特徴、点検調査箇所を明示し、現場の状況からこれらを定量化した評価を導きやすいような教則本を準備してやる必要がある。例示として考えられるのは構造物の鋼構造・コンクリート構造の上部工、及びその下部工基礎工について架設年次を調べることで図5・4に従った建設時と現行の活荷重による応力比を求めること、設置されている路線状況の自動車交通量、大型車混入率による超荷々重載荷の機会などから構造物に供用法として外的に与えている要因がある。また架設位置における基礎工周辺の支持地盤の変化たとえば河床変動による橋脚の洗掘、接近工事による土盤高さの変更などがある。構造物の構造については使用材料が弾性体、塑性体、脆性体によって全体構造系をとらえたもの、あるいは部材の局部に発生している応力集中による欠陥によって異なる、残念ながら著者は現在のところ、構造型式、材料材質及び初等力学で表現しうる構造物の破損・破壊の例示集を整理しえていないが、このような点検要領の教育用のガイドマニュアルの編集がまたれるところである。

二次検査は技術資質を不問したグループによる一次検査結果から選別された危険度の高いものについて専門家グループによる検査の実施とその評価・判定である。従って既設施設の具体的な現有強度の計量的推定と、補修補強の緊急度を判断することが主たる目的である。その調査点検のポイントは

表 5・9、表 5・10のようなものが考えられるが、構造物の全体系としては、たわみ試験、振動性状の試験がある。しかし、この載荷試験によって表われる健全度の判定は図 5・8で説明したように供用範囲の非破壊試験をとった場合はあまり顕著な傾向を示すとはいいがたい。反対に顕著な傾向が計測されたときは、構造物の構造部材には外見上も決定的な欠陥が発生していることが多い。従って二次検査においても部材の局部についての応力歪測定、材料材質の調査、部材表面に浸透剤を塗布する検査によることが多い。

いづれにしても、種々の構造物の試験結果を分析整理し、これを類型することによって、実態が把握することができるとともに、それらの維持保守で得られた知識の蓄積を新設の場に活用すること、保守についての維持保守、改修予算との関連で格一的な取り組みが容易なように、組織と教則資料の整理からはじめなければならない。

図 5・17 土木構造物の健全度判定のための流れ図

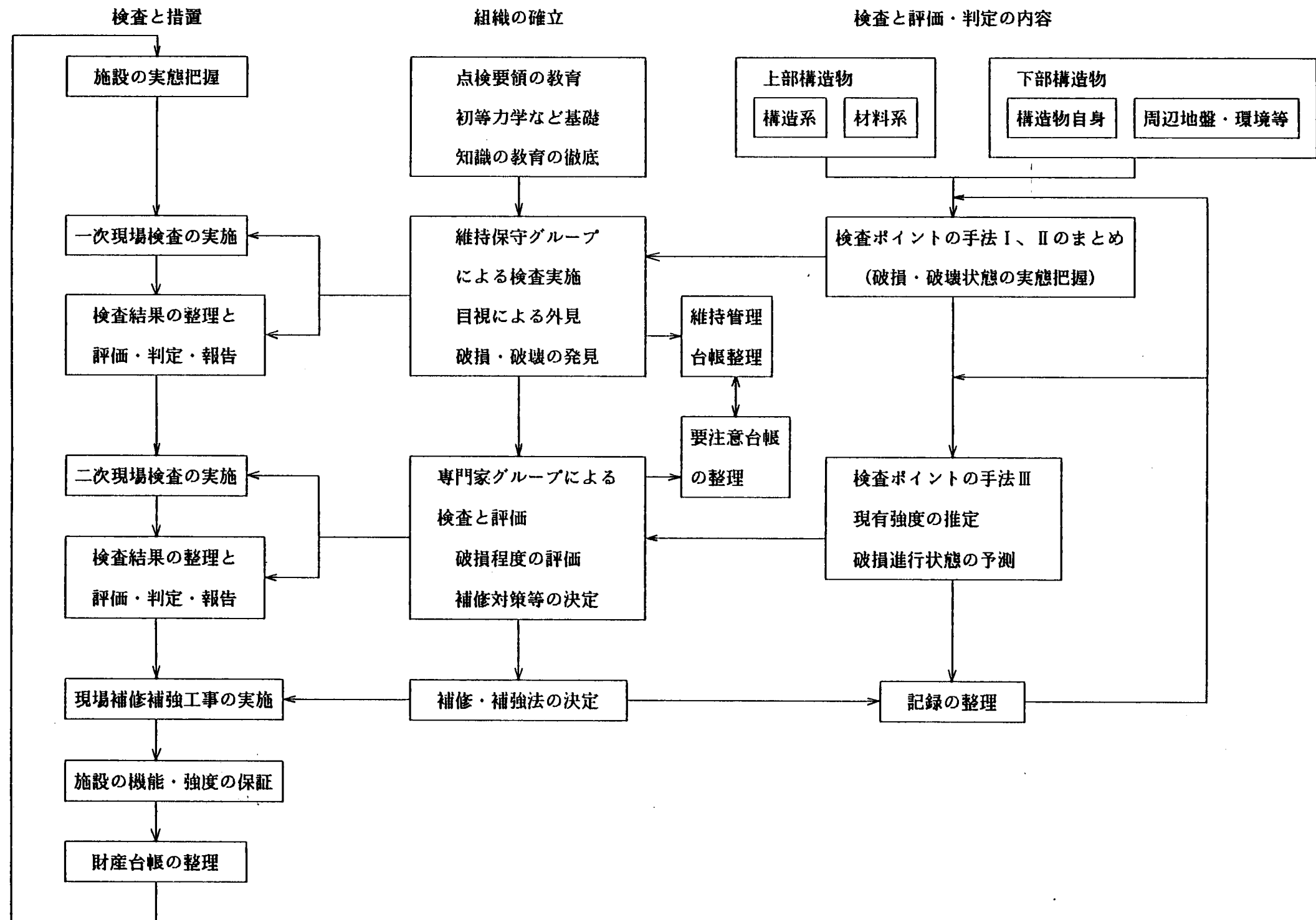




表 5・8 一次現場検査における点検目的とポイント

調査の 目的・意識	調査項目	調査内容の一般的事項	上 部 構 造 物		下部構造物・基礎工
			鋼 構 造 系	コンクリート構造系	
建設時の強度 評価	架設年次	建設時の設計強度と現行基準強度 及び供用による載荷外力の比較	・ 構造系としての分類 I ビーム桁、プレートガ ーダー、合成桁、箱桁、 トラス、アーチ等	・ 材料としての安定度 部材の腐蝕・腐蝕・強度 等を位置との関係で調べ る	・ 材料としての安定度 ———
どんな供用法 ・ 載荷状況か？	設置路線 及び 交通量	設置路線の幹線交通量から、破損 に大きな影響を及ぼす重畳車の通 行量など	・ 構造系全体としての点検 部材の曲り、振り、腐蝕、 切りかきによる断面欠落	・ 曲げ部材の主鉄筋の露出 覆りコンクリートの剥離 集中せん断力附近の大き な亀裂	・ 下部構造物を支える地 盤・地勢の変化の点検 構造物の沈下、不等沈 下、傾き 受動土圧を受取る地盤 層の存在
伝播をうける 地盤変化の変 動・応力の変化	周辺地形 の変化	周辺掘削、接近工事、河川の変動	・ 部材局部としての点検 多くの部材が集まる格点 の部材の腐蝕、切欠き等 集中力が作用する附近の 亀裂の発生 部材断面に何かが衝突し て生ずる曲がり、振り	・ 亀裂発生時の分布状態と その隙間量 排水と湿潤乾燥 材料材質強度	・ 構造身区体の点検 物の衝突による部面 の欠損
構造の破損し やすい箇所の 発見	構造系式 主要材料	現場での目視点をあらかじめ予想 する			

表 5・9 鋼系上部構造物の二次検査についてのポイント

	調査項目と内容	調査の具体性とその目的
	<p><b>整備水準の把握</b></p> <p>建設時の設計基準値と現行・ 供用荷重値の比較</p> <p><b>施工技術の評価</b></p> <p>設計図書と施工記録の調査</p> <p><b>実態の把握</b></p> <p>主構と変形・変位・傾き 部材の変形・変位・傾き・ 断面切欠き</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設時の示方書の考え方、計画担当者の意識の持ち方から余裕について推察</li> <li>・実際の構造物の力学的主要断面の形状・寸法と使用材料の材質強度の計測から抵抗応力値を計算で求めて、供用載荷応力値と比較する。</li> <li>・設計図書と部材断面計測による製作精度の比較より施工業者能力を推定する。</li> <li>・使用材料の材質を（切取り）調査し、材料品質の評価（機械的、化学的試験）によって補修法にも役立てる。</li> <li>・後日構造物への占用添加物工事が追加されている例が多い。これらの施工の丁寧さと母体の破損程度</li> <li>・下部構造物の不等沈下による上部構造物にたいする影響</li> <li>・部材の変形の状態（曲げ破壊、座屈、支圧圧潰等）から発生した応力状態の計量的推定</li> <li>・施工不良、部材の振動異相による亀裂、鉄のゆるみ、塗装の剥に表れる断面の圧潰</li> </ul>



表5・10 コンクリート系（上部）構造物の二次検査についてのポイント

	調査項目と内容	調査の具体性とその目的
	<p>整備水準の把握</p> <p>建設時の設計施工基準と 施工精度評価</p> <p>施工技術の評価</p> <p>実態の把握</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート系は特に現場施工の品質管理によるところが多いので、建設時の設計・施工についての基準数の物のみかたと、施工業者の施工精度・能力</li> <li>・設計担当者の意識のもち方と施工業者の能力の関連</li> <li>・死・活荷重比による外力と応力の運動エネルギー比と材質強度の塑・脆性限界域</li> <li>・構造部材の断面・寸法の計測値と設計図書と比較、戻とは主鉄筋量の推定</li> <li>・使用セメントの品質保証（旧時代）、良質の粗・細骨材（最近は河砂剤から碎石へ転換した）の使用、水・セメント比、養生法の管理技術</li> <li>・PC桁では配線位置、PC線の緊張力、伸び、桁の反り等の施工品質管理記録の調査</li> <li>・コンクリートのひびわれ、劣化、剝離、風化、圧潰、湿り形状、施工中・後の鉄筋かぶりの剝離、鉄筋の損傷を調査し力学条件と対比し原因の追求</li> <li>・材料の品質不良、強度不足、断面不足、施工不良、設計不良、材料の劣化、荷重の増大に不耐、環境条件の悪化外的条件の不良、排水不良、異常外力、等の調査</li> <li>・亀裂の発生状況と部材の初等力学での現象の照合。初等力学が成立しないときはその仮定条件の整合性の追求</li> <li>・支持構造物の不等沈下、圧潰、切欠き発生</li> </ul>

## 5-5 信頼性を高め余寿命を延ばすための方策

公共の福祉の基盤としての土木構造物は、その個別施設に課せられる期待する供用期間の長さと供用にたいする社会的備品度の積によって、本来目的にたいする取り扱いとして整備水準及び設計計画管理のあり方が異なっている。施設自身の余寿命を延ばすための方策としては、将来の予測できる現象にたいする具体的な整備をどこまで計画時点に内蔵させておくか、さらに建設時点に予測しにくかった事柄にたいして、どれだけ施設自身の順応対応しやすいかの自由度を秘めた整備水準をとったかによる。

著者は昭和38年より、淀川にかかる旧枚方大橋を撤去廃棄し約10年の才月をかけて漸次現在の橋架に更新した。当時に実施した取り組みの流れを、本論文の整理手法に従って、最適化のための要因流れ図をまとめると図 5・18で また、作業の各段階における本来目的、余剰施設、副次効果、波及効果をまとめると表 5・11である。

計画策定論としての路線の社会的位置付は、中世からの街道筋から始まって、近在の幹線道路として、また大阪広域圏の骨格幹線網の一環となっている。従って、古い時代は淀川筋の数少ない渡船施設から始まって、洪水に（約10年に1回は堤防の欠壊）たえる固定施設としての道路橋の架設が望ま<sup>7)</sup>れていた。旧上部工構造は明治42年に京阪電気軌道株式会社が単車（自重10～16 ton）の複線鉄道橋として、イギリスから購入して宇治川・木津川との合流部に架設されていた。大正14年に京阪電気軌道の2両連結運転計画に基づいた調査によって耐荷力不足と認められたものを、大阪付が当時淀川にかゝる橋梁が少く、交通上の支障となっていたのを解決するため、大塚の渡船にかわる施設として買受け、解体移転し、現在の位置に下部工を新設して架設したものである。その総工費は約62万円で昭和5年10月10日に竣工している。

従って当時の社会事情から現在の自動車交通事情を推察することは無理で、改築当時、既に部材の一部は補強されていたが、昭和27年にはさらに上弦、下弦材の蓋板を取りつけるなどの補強を追加していたが、その後の自動車荷重の大型化、交通量の激増に伴う交通の渋滞化及び河川の河床の移動はげしく、昭和38年の調査によっては次のような結論を得ている。

上部工については、耐荷力はたわみあるいはひずみで表されるものと考え、これを横軸に、載荷荷重を縦軸にとった図-5・19を考える。主構のみを取りあげて考えると、素材の許容応力は 1,100kg/

図5.18 枚方大橋の計画・管理における最適化のための要因

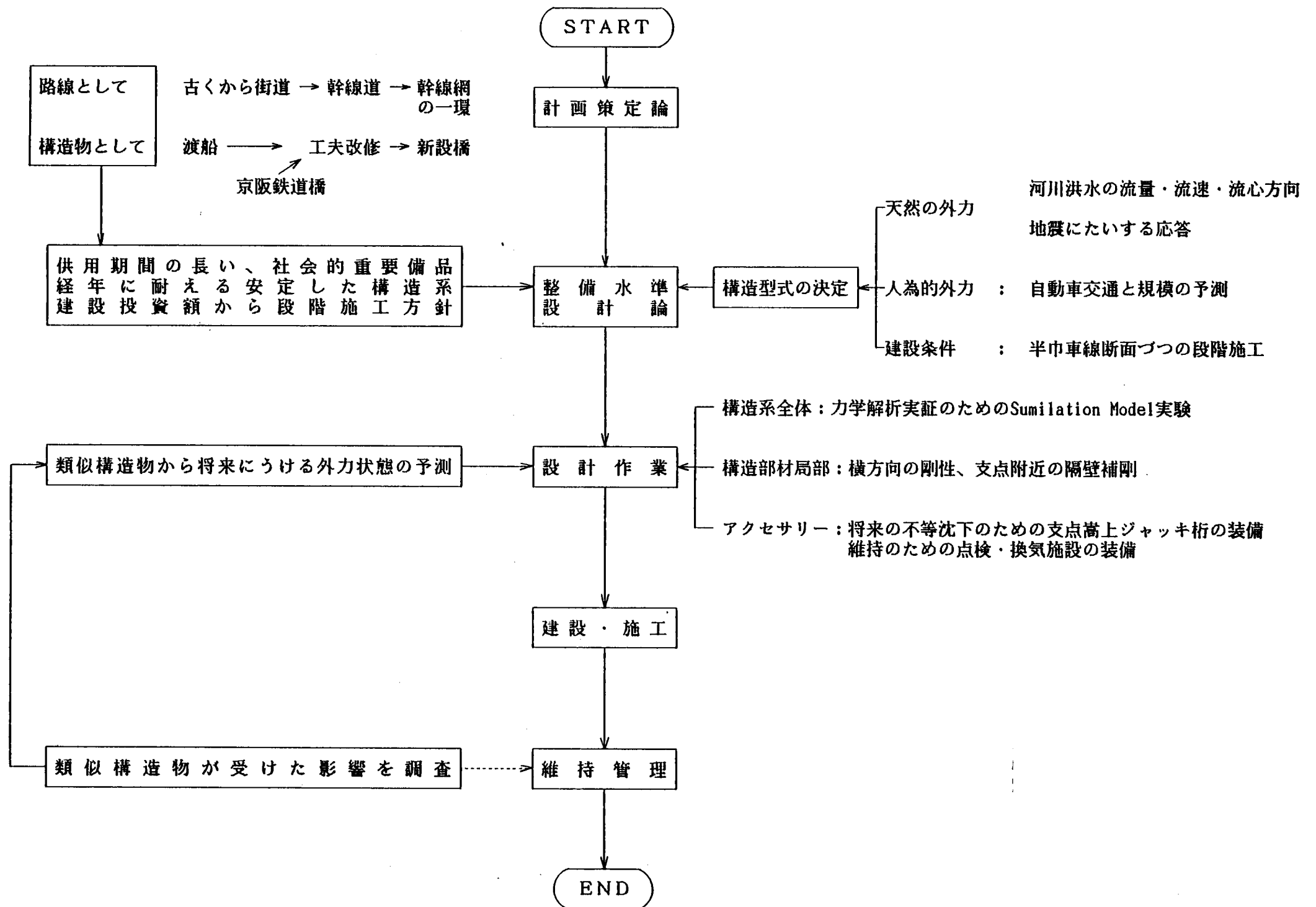




表5.11 枚方大橋の整備段階における4つの機能・効果の分析

	余 剰	施 設	本 来 機 能 ・ 目 的	副 次 効 果 ・ 機 能	波 及 効 果
計 画 策 定 論		交通流が円滑なように前後道路の整備・及びインターチェンジの配置	路線施設の一部として 交通運用機能の確保  橋梁構造として 交通流にたいする路線の一部 載荷荷重にたいする強度保証		・路線の名所拠点としてドライ イパーに地図位置を示す  ・開かれた空間としてドライ パーの雰囲気刷新
整 備 水 準		供用中の不可抗力的な外力にたい しての防護施設（橋脚間隔）	長い供用期間にたいする強度保証		構造型式による都市景観を提 供
設 計 作 業			力学的合理性の追求	・載荷々重・河川洪水などへ の技術開発	・同種類の構造物にたいして 技術開発資料の提供
建 設 ・ 施 工			設計計画通りの確実な施工	建設地点の天然条件としての 地盤確認	公共投資による建設振興
維 持 管 理		下部工の洗掘防止の河川床下沈床	維持費用のかからない安全度の保 証		

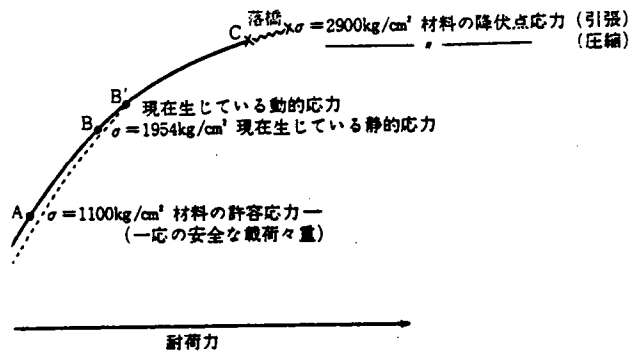


図5・19 現橋の耐荷力

cm<sup>2</sup>であって、これは疲労効果、部材の挫屈などの不利な条件を含んでいない。この値までは道路管理者として一応通行の安全度を保証できると考える。従ってO～Aは載荷荷重と耐荷力は直線的に変化し、残留ひずみは生じない。C点は材料の降伏点応力であって、圧縮降伏点応力は引張降伏点応力になるものより、座屈などのため幾分低い値であろう。このC点を越える載荷荷重によって落橋の現象があらわれる。従ってC点附近までの応力度が生じたならば、もはや残留ひずみの影響をまぬがれない。現在の本橋の状態はB点であって通行の安全度は保証しないが、落橋までにはもう少しの余裕がある。しかしながら、道路管理者はこの余裕があると云って喜ぶべき性質のものでなく、橋面を年2回補修し全面覆の補修を行なっているが、それでも衝撃によって、例えば、 $i = 0.3$  とすれば  $\sigma = 2.540 \text{ kg/cm}^2$  となる。逆に  $2.900 \text{ kg/cm}^2$  になるには  $i = 0.48$  程度の衝撃をおこすような車輛が共振する速度で橋梁上を通行したら落橋となる。幸いにも現在左岸の国道1号線との取付部でたえず交通マヒを起こしているのが、かろうじて落橋をまぬがれているが、1号線枚方バイパス完成の昭和41年～42年頃に左岸の交通マヒが解消したら、橋梁上の通過交通の速度によっては非常に危険だと言わなければならない。このような見方からも早急に新橋の完成が望まれる。

床版については、現在のところ凹んだところを主に合材を投入し、衝撃係数が出来るだけ小さいように、また死荷重の増加を最小限にとどめるように舗装補修を行なっているが、床版コンクリートが打ち抜かれた場合などは抜本的な修繕が必要となろう。

下部工については、物理的、力学的に不明瞭なことが多く、施工当時に関係した人々の話を総合し、また附近地の土質調査などから安定計算を行なった。井筒基礎については現在橋のままで懸念は少ないが、杭打基礎は支持層にも達していない。しかしながら杭打基礎部は右岸側の交通流の円滑な部分に属し、常時計算に用いるような満載荷重（長期荷重）に達する機械が比較的少ないので、破壊がまぬがれていると思われる。と云っても淀川の河川改修のために行なった昭和26年、28年の橋脚の根固めは全くあとかたもなく流失し、現在橋のまま使用するとしても、今後の補強方法に難点がある。

巨大構造物としての枚方大橋の計画策定論を考えると、路線として、また洪水に影響されない渡河機能を保証する高い社会的位置付を、歴史的な背景からも繰返し求められてきている。すなわち、長い供用期間の期待とともに、高い整備水準が求められているので、そのためには構造物の建設費の査定方針は、財政学的な要因が勝っているといえる。また、大型投資を行うための余剰機能として、左右兩岸の都市発展にたいして、橋梁に接続する道路形態を支配できることが、余剰施設で、このために公共による土地の買取り手法として、沿道利用に制限を課したインタアチェンジ<sup>8)</sup>を持っている。

整備水準と設計論として、長期間の耐力強度の保証が第一義である。橋梁に作用する外力として、天然現象によるものは河川洪水による橋脚の水位堰上げ、河床の洗掘による基礎工が不安定である。とくにこの架橋位置は上流側（約70m）に施工中存続する旧橋による流水の渦発生と流心方向、と下流側（約70m）に設置されている水管橋との3橋の下部工が、淀川本川の腕曲部にあつて、干渉現象が生じやすい要因がある。このため橋脚柱を細い真円柱にすると、上部構造に地震力が作用したとき腐蝕に強い、流木の衝突力に鈍感な鉄筋コンクリート柱ではその強度不足になることがある。

人為的外力としては自動車車両諸元の将来予想と、交通渋滞による橋面全面への活荷重載荷の機会が多いことである。もし重載車群の出現や、幹線道路の交通運用としての超重量車が普及したとのために、橋梁死荷重量軽減にも対応できるよう鉄筋コンクリート床版をもち、しかもその支点間隔は縦・横桁を組み合わせることによって狭くしておき、床版設計における車両の輪荷重による発生運動量のモーメントを小さくして構造物を安全側に導くことなどがあつた。

このような諸条件と、巨額の建設費のため、上部工事線は全市を4車線とするが、2車線を暫定完成断面とする。以上のような整備計画水準はあるいは公共投資のあり方からみて広い範囲の意見の集積とその公約数的評価判定が加えられなければならない課題であるかも知れないが、当時はまだまだ担当する数名の技術者の裁量にまかされていた。

以上のような整備水準論をうけた設計作業はこれらの個別の諸要因を分析し、その優先度を配慮しながら、試算を重ねて整合させまとめていくことになる。構造物設置地点の外的要因が与える諸条件は、周辺にある類似規模の構造物が建設以降うけた影響要因を整理し、対比してみる必要がある。枚方大橋の場合は、上流側は約10km離れた京都府域の御幸橋（昭和初期に建設）された鉾桁橋は地勢地形に類似性がとばしい。下流側の約8km離れた位置に架設されている鳥飼大橋は河川流路、地

盤地質に類似性も多く、また東大阪地域の広域地盤沈下の影響を受けた補修、幹線路線としての供用のあり方、自動車交通の発展も参考になる点が多い。従って表5.12の対比表を整理することによって、自然環境からの与条件を整理した。

上部構造構造物の型式選定にあたって、巾員の段階施工、河川流量と流路から求められる径間間隔、道路巾員と支間比などから 2本の箱断面形状を主構とした。この形式はWeisenau brücke<sup>7)</sup>を原型としているので非常に扁平であってその力学特性として次のことが懸念された。

1. 主箱桁の中央に配置されている Shear Lag 防止用のワーレントラスの腹板的效果
2. 上記の仮想腹板作用を考えたときの扁平箱桁の上下フランジの断面有効性
3. 鋼箱桁の上フランジを床版と考えたときの応力分布と、腹板作用のためのワーレントラスの効果
4. 上フランジに横断勾配が入っているために生ずる局部応力

これらの問題を解析的及び実験的に求めるため、先づケント紙による縮尺 1/50による模型で概念的な特性傾向を調べるとともに、当時建設を予定していた原田大橋（支間24m、巾員12m）の主構構造を相似律を合わせたSimulation Modelとして、工場における載荷試験を行い、計測によって挙動・応答を確めた。

その他詳細細部設計については同種の構造型式を持つ橋梁の維持管理における経験を広く集めて、予測しえない将来課題についても、諸装置を具備したのはいうまでもない。



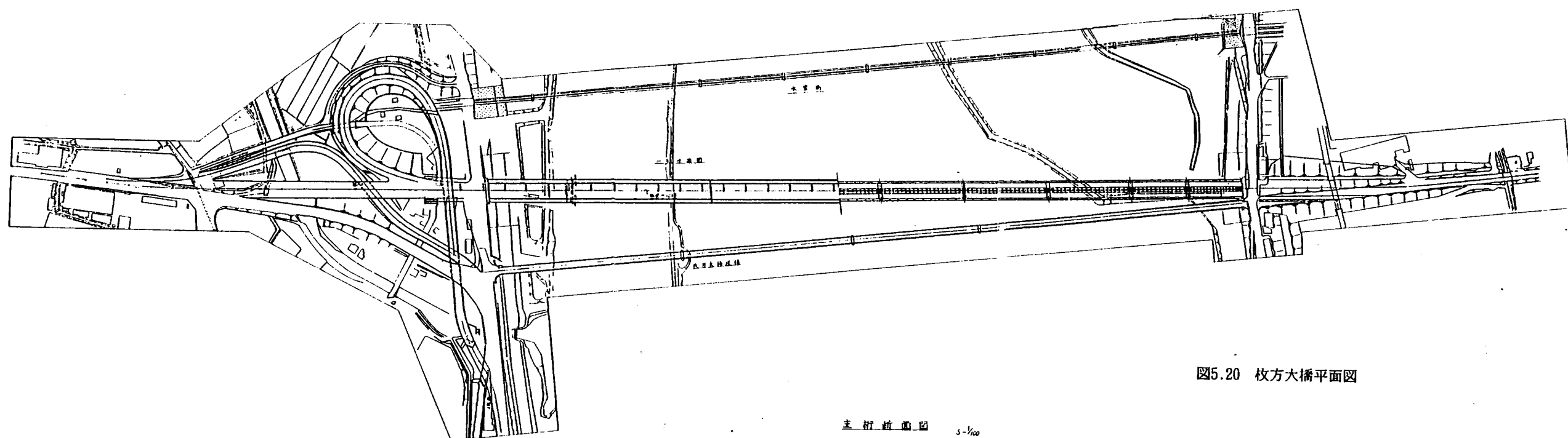
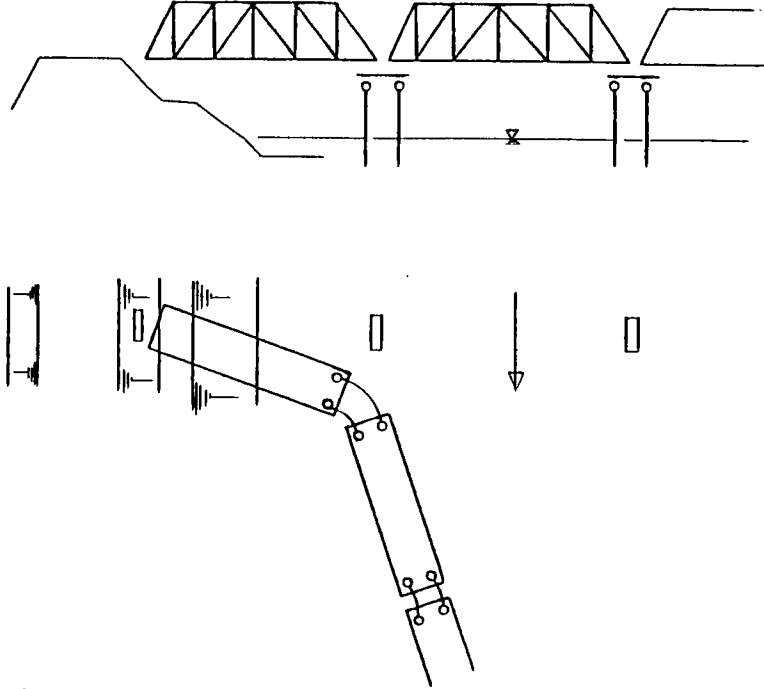
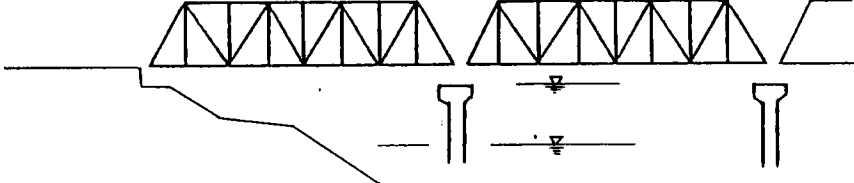
[illegible]

表5.12 鳥飼大橋と枚方大橋の旧橋の比較

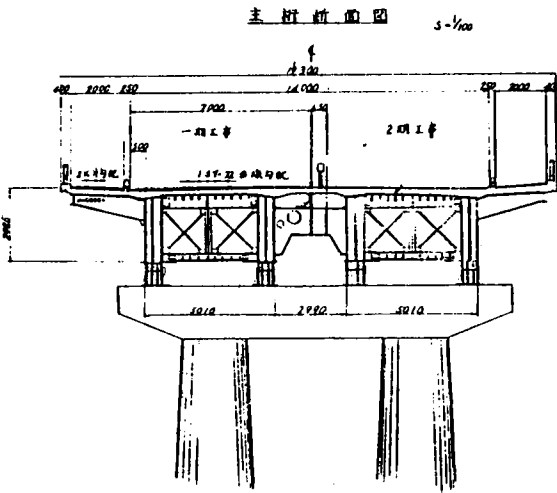
	鳥飼大橋	枚方大橋
旧橋の型式	<p>木杭打ちベント形式橋脚に木造のハウトラス</p> <p>洪水時は上部トラスは組んだまま、河の流れに従って浮いて順応する。</p> <p>従って洪水時は勿論交通遮断し減水をまって、橋脚のうえに並べる。</p>	<p>明治43年に京阪電車が淀川、木津川、桂川の3川合流部に鉄道橋（単車10～16t）としてイギリスから購入 その後電車荷重の増加のため廃棄されたものを、昭和初期に大阪府が買受け解体移設し枚方に組立てた洪水時にトラス下弦材はしばしば水没</p>
		



架橋後発生した 問題点		
構造物自身	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広域的地盤沈下により根入長さ、構造型式が異なる下部工 橋台が10年間に左岸38cm右岸51cmも不等沈下<sup>1)</sup></li> <li>・下部橋台の沈下に伴うトラス上弦材の圧縮破損</li> <li>・RC床版の耐荷力不足による亀裂・舗装の打ちかえ</li> <li>・伸縮接手構造の破損・取り替え</li> </ul>	
補修対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交通止めによる支承のつぎ足し</li> <li>・その施工用ジャッキ台反力受横桁添接</li> </ul>	
社会的課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巾員狭少 (W = 6 m大型車2台が対向)</li> <li>・歩道部の拡巾 (構造形式、主構強度不足のため不可)</li> <li>・塗装用足場等の空間不足</li> </ul>	

表5.13 新枚方大橋の計画について課題と対応策

	課 題	対 応 策
上 部 工 構 成 中 員	建設投資額から当初は2車線、将来拡巾して4車線	<p>第一義目的は半巾員供用しながら第二期の拡巾工事が容易で、既存施設への影響の少ないこと</p> <p>下部工は全巾施工とし、上部工は2本箱桁構造で最初の1箱桁で与条件を満足するように計画、すなわち車道7.0M+歩道2.0M</p>
支 間 割 路 線 中 心	<p>河川洪水量、高水位及び河川工作物と上流（旧枚方大橋）と下流（水宮橋）のあいだ 150mに取付道路を勘案して選定</p> <p>支間は60m以上</p>	<p>第一義目的は道路交通の円滑化と河川の洪水にたいする疎水能力の低下を最小限に止めること</p> <p>右岸は旧橋との接近施工の余裕（2m）と取付道路への線型を、左岸は上下橋の間で、道路との立体交差を配置できるように路線中心を選定</p> <p>上部桁の支間は低水路、上下流橋梁橋脚位置と河川流心をみながら選定</p>



超 荷 載 荷 対 策	上下流の橋梁まで淀川を渡河できる橋梁が少く、 交通渋滞、超大型車・重量車の通過にたえるこ と	床版については破損しないよう床組構支間を狭くし、載荷々重を狭い支間で受けて 発生応力を 小さくする（第一義手段）。また床組構は第二期拡巾主桁との継ぎを兼ね、2主箱桁としての効 果をねらう（附加的手段）  主桁は極力ゆとりのある載荷法をとり（横方向、支間長による低減を不採用）、床版には鉄筋コ ンクリートを使用、将来超荷重載荷時代がくれば、これを鋼床版に改修すると床版死荷重を載荷 活荷重に対応させられる。このようなことが出来る箱主桁の主軸の位置を検索
保 守 治 具	塗装・小規模修繕用足場の架設装置の具備	構造物の各所に将来の作業用足場の組立装置を具備
地 盤 沈 下 対 策	橋台・橋脚等の不等沈下対策	3径間連続桁で支承部沈下による主桁の曲げ応力発生量は $\frac{6EI}{l^2} \Delta$ のため 支間が広くあまり り問題にならない。 広域的沈下で河川高水位変更にたいして余裕 200mmと主桁高上用ジャッキのかかる強度を持つ横 桁配置
橋 脚 位 置 決 定	淀川の低水路、洪水のときの影響を最小限に	橋脚にぶつかる洪水流による外力を小さくするよう橋脚位置を選定 橋脚構造自身の流水にたいする抵抗が小さくなる柱断面の選定

橋脚構造	洪水時には併列3橋の橋脚が流心、渦の発生に影響	<p>普通採用される小判形の橋脚は洪水量の変化による流心の方向の変化にたいして広い障害面積をもつ。</p> <p>この場合円柱型が望ましいが、単円柱では大きすぎる。従って門型としそれぞれの脚断面は真円とする。</p> <p>この場合、固定支承を持つ脚は、RCでは地震抵抗が不足するので鉄骨コンクリートを採用</p>
基礎構造	広域不等沈下にたいする沈下量の均一化	<p>たとえば広域的地盤沈下が発生しても、相対沈下量に差のないように規模・形状を揃える。また底板を持った井筒基礎工として土の支持力を局部応力から広い全体応力にする。</p>
交通処理	取付道路が交差点になるための交通容量の低下防止	<p>平面交差点では右折車による交差点交通容量の低下が著しい。</p> <p>これを防ぐため 左岸では大型インターチェンジを交通量に見合うように設計して設置</p> <p>このため机上で計画したインターチェンジを透視図法による走りやすさを配慮して、ケント紙、乾燥篩砂による模型を作り、運転者の意見を多量にとり入れた線型設計、修量設計を実施</p>





## 5-5 ま と め

公共施設は、その公共性の第一義目的として、長い供用期間の間で、載荷荷重基準値の改訂があっても、従来は特別の補強等の手を加えられることが少いままに、設計時に負荷した長期・短期荷重にたいする安全性を犠牲にしながら、供用に耐えている例が多い。また、公共施設整備の建設投資は、直接効果としての利益の計画化で評価判定するだけではなく、行政庁の財政投資枠によって決められることが多い。

このことは、維持補修費についても、世間で噂されるように 管理者に所属する担当技術者の安全性にたいする公表の表現技術によってその予算枠が決められることが多く、華やかさの少ない既存の土木構造物の維持管理のための必要経費も十分でないことが多い。

その結果、耐荷力不足の機能低下が呼ばれながら、放置されることも多く、その意味では財政学的投資の性格を広く活用して設計建設時点に、法定の基準値に将来の余裕の自由さを加味しておくのは、公共施設の計画にたずさわる技術者の努力であると云っても過言であるまい。いづれにしても、公共施設にふくまれる土木構造物は、その供用期間が長いので既存施設の履歴をまとめることによって、将来への方針と対策が検討される。本章をまとめると次のようになる。

1. 公共施設にふくまれる土木構造物は、その供用寿命が社会変化、機能・強度保証の基準値の改訂があっても、補強されるまでの当分の期間は破壊事故によって公衆に危害を加えることは許されない。
2. 土木構造物の破損・破壊現象を発見したとき、その安全度の評価判定は、新設時を上回る資質をそなえた高級技術者による現象からの構造力学解析、材質分析等の横の広がり、その性質を追求する縦の深さの検討が必要で、この結果は類似の構造型式を持つ土木構造物の計画管理の基本システムの要因分析取扱い流れと相似である。
3. 土木構造物の信頼性は、設置地点の外的な要因によっても、構造物自身の内的応答が生じる。外的な破壊要因は構造系全体に作用することが多いが、内的応答は構造部材の部分によってその鋭敏度は異なるが、部材の局部破損・破壊から全体に広がる。そのときのある場合は部材局部の破壊によって構造物の力学系を変質しながら進行する。
4. 施設管理者が管理する土木構造はその量と質が複雑多岐・多数である。これを維持管理する職員数の実態は貧弱なことが現在の日本の行政庁では茶飯事であることが多い。従って、既存の土木構造物の現場管理には、システム作り、現象解説の教則本と職員及び研究専門家による組織体勢の確立が求められている。
5. このために、数少ない高級技術者による取り組みのアイデアとその遂行の組織作りが、現在ほど求められているときはない。

6. 土木構造物における事故例・破損・破壊例は、基本システムの要因に重要な評価・判定の比較検討の示唆を与え、繰り返しこの作業を繰り返すことによって得るシステムは、新しく土木構造物を計画するときの最適化にたいするRevised /Renewal Systemである。
7. 土木構造物の計画水準の将来見通をたてるにあたってこのRevised /Renewal Systemは、最小限度具備する条件を 広い分野からの創意工夫を集めるのに 最適の手法といえる。また将来にたいするRecycle Systemとして重要である。

## 第5章 参考文献

- 1) 岡 尚 平 : 橋梁の各種事故例と対策 理工図書 昭和45年
- 2) 大阪府土木部道路課 : 枚方大橋調査報告書 昭和38年
- 3) 著者は、この時代から(昭和36年)道路課橋梁係長として、幹線路線にふくまれる道路橋の整備水準を、一般道路橋と区別して取り扱った。
- 4) 岡 尚 平 : 斜め格子桁橋の曲げモーメントの計算法  
土木学会誌 昭和32年1月  
" : 斜め格子桁の一計算例  
土木技術 昭和33年8月  
" : 斜桁橋の模型実験について  
道 路 昭和33年7月
- 5) 岡 尚 平 : アメリカでみた技術  
道 路 1962年3月号
- 6) 岡 尚 平 : 永久橋の落橋を補修して  
道 路 1963年11月号
- 7) 大阪府土木部道路課 : 枚方大橋計画報告書 昭和42年2月
- 8) 岡 尚 平 : 透視図法の一実験  
交通工学 昭和41年4月号



## 6 結 論

集団で生活を営む人類に、公共の福祉を提供する路線施設としての道路・鉄軌道を取りあげ、そのなかにくまれる土木構造物の新設・維持保守にたいする従来の取扱い法を分析・整理して、基本的システムの作成とそれを構成する諸要因の優先度のあり方を研究し、設計管理の最適化手法を導いた。

公共施設と位置付けされている土木構造物は、これを比喻する概念として外側を需要につつまれた複雑な形状を持つ多面体と考えられる。その固体の面の数は、それぞれの要求にたいする供給の必要性の数を表していて、いま簡単のために図 6.1 のように、施設の誕生を求める計画策定論から始まって、整備水準の決定とそれに続く施設設計作業、建設・施工によって固定施設としての位置付けをうる。続いてこの施設を公共の便利のための供用と維持及び管理さらに施設の形状機能が持つ文化的価値と、8つの切り口に整理してみると、土木構造物を研究・検討するに際して図 6.2 のような 8 面体と意識できる。従って公共施設としての土木構造物を取りあつかうときは、必ずこれらの多面体の持つ意味と、各切り口相互の関連・影響を充分理解しておくとともに、それぞれ個別の面を取扱うに際しても、図 6.3 の 4 つの面を持つ 3 角錐のように、本来目的・機能を第一義に、その目的・機能を保証するために必須の余剰施設を具備しなければならないことは多い。公共施設は公共の資金で広い意味での良い影響を及ぼすことが好ましいので、本来施設と余剰施設の双方が持つ副次機能・目的と波及効果が求められている。

また、公共施設としての土木構造物は、施設が竣工した後の整備水準とに、機能保証と耐力強度が第一義の 2 本柱であるとともに、施工・供用・維持保守などの時系列的段階においても、その取扱いに多くの切り口面がある。

以上述べてきた通り、巾広い多種多様な需要・要求にたいして、これを的確にとり組める人材組織の確立とその手法が求められている。著者はこれらの今日課題にたいして、既存の公共施設のもつ歴史の変遷を分析・解析して、諸要因を整理して基本原型としてのシステム体系をまとめ、その構成要因が施設の規模の巨大性、機能の重軽度、期待する供用期間の長さ、周辺地形地勢が施設に及ぼす影響、社会的備品度等について解析して、改めてこれらの優劣相関もふくめた構成要因を原システムに組み込むことを意識した。その結果、土木構造物の建設年代における設計管理システムは、既存土木構造物を整理して得た基本システムに、現代のデーターを入力し、現代の要因因子を用いた出力データーを求め、改めてこの要因データーを入力する繰り返し手法が有効である。この作業を繰り返し実行したときにはじめて土木構造物にたいする需要と供給の最適化手法が確立され、今後計画する新設・補修の設計管理に、知見として新しい提案手法を与えるものと考えられる。このような意識背景をもとに、各章ごとに述べてきた研究を総括する。

図6.1 個別の施設がもつ Life Cycle

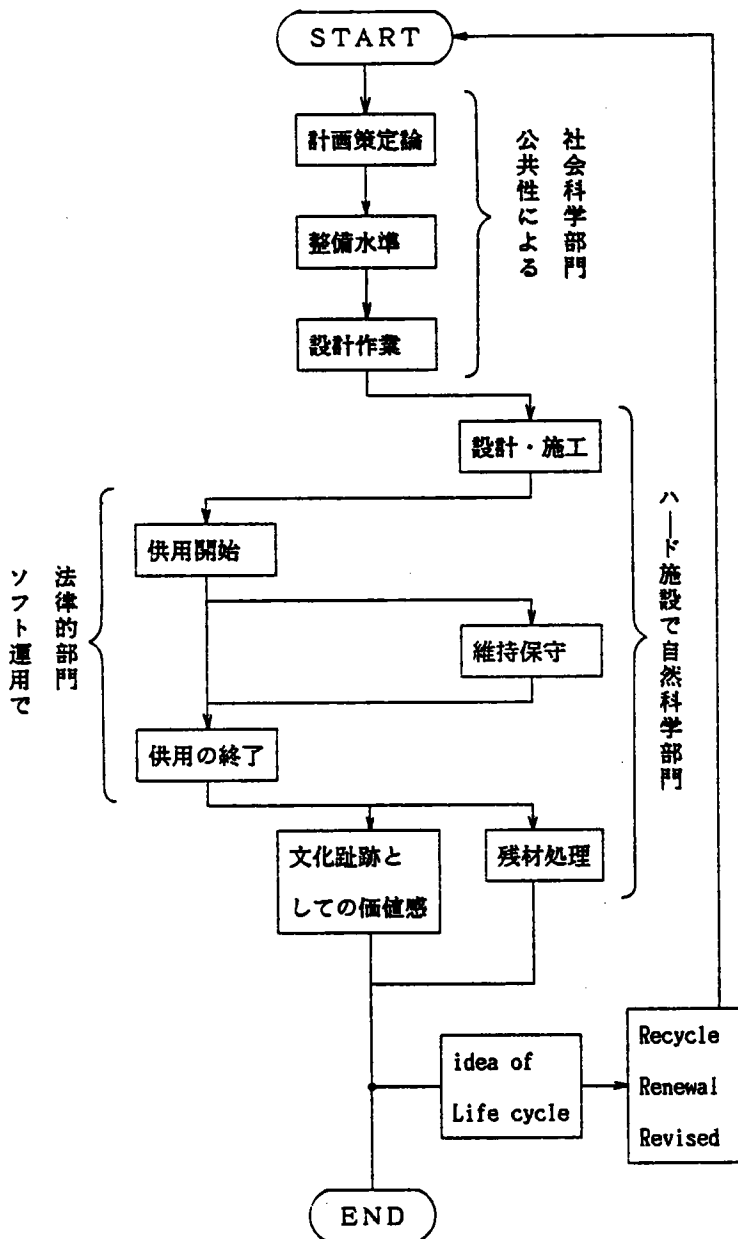
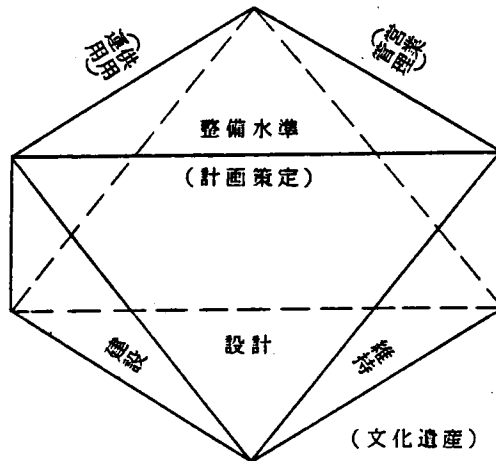
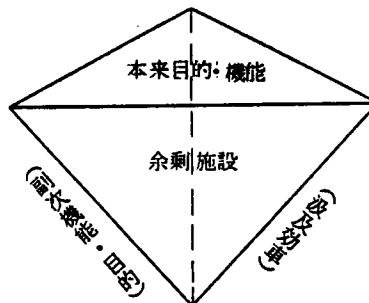


図6.2 Life Cycleにおける多面性の意識をまとめた固体



1つの事柄を前面に出して考えとき、同時に考慮しなければならない事柄の存在することを示す多面体、( ) は裏面

図6.3 施設がもつ4つの面をもつ三角錐



第2章は土木構造物と、それをふくむ路線施設をとりあげて、その計画策定論を述べ以下のことを確認した。

1. 人為工作物としての施設を天然造形物と区分し、さらに公共と私用、公共性と企業性を分類することによって、公共施設の選別を行い、社会的位置付の条件調整とともに定義づけを行った。
2. これらの公共施設の計画策定論は、その規模によって取り扱う行政団体が異なるが、法令に基づいて設置される審議会に行政機関の長から、諮問されて審議され、答申によってその計画が社会的に公共と位置付される。従って、その施設から直接的な利害を受ける住民の意見具申の場は与えられるものの、住民が審議に直接参加することは許されていないことが多い。
3. 公共と社会的位置付けを得た施設の整備にあたって、施設の運用が企業性を求めた民営営利事業であっても、国民の税金で賄われる公的資金が充当される。
4. 路線施設としての道路・鉄軌道は、それを計画する地形・地勢による影響は強く、広域大阪圏では、その整備構想は大阪市を母核とする放射線と環状線の組み合わせで、社会の近代化によって整備水準が向上しても理念は同じである。
5. 社会の近代化によって、路線網は回生あるいは更新される。従って、その路線網にふくまれる本来施設としての土木構造物の社会的備品度は高い。
6. 土木構造物の開発の変遷は、需要を満たすための開発とその供給、新機能の供給による需要の増大の繰り返しである。土木構造物の技術開発を支えてきたのは人材の養成、科学技術の発達、材料の安定供給の3本柱である。新しい技術開発は、事故発生原因の追求調査にうるところも多い。
7. 4～6項は近代化によって要因因子構造には改良・変化が加えられるが、理念・意識としては、社会の変遷によっても繰り返しとすることができる。
8. 公共施設は、その施設の整備目的、規模の巨大性、社会的備品度などの因子によって異なるが、一般的に供用期間が長く、経年によって社会便益の価値及び価値感の変動する。従って個別構造物もそのライフサイクル期間をとらえて、便益の計量化はむづかしく、結局のところ社会資本としてどれだけの財政投資を行ったかという手法が評価されやすい。

第3章は公共施設と位置付された具体の土木構造物の整備水準と強度設計論について述べ、第一義目的発揮と、その他に分かれる本来機能、余剰施設、副次機能・目的、波及効果の4本柱の要因を探る方法を提案するとともに、強度保証基準値の決め方とその運用、時系列で取扱って予知が可能と不可能な現象への対応を指摘し、これらの現象への力学解析のSimulationのあり方を提案した。

1. 公共施設は普通 投資の巨額性がある固定施設であって、供用年限も長い。従って、整備水準設計計画を検討するにあたって、多種多様の需要をまづ第一義としての本来の整備目的と供給すべき機能の要因分析と要因相互の優先度比較によって求める。

次に、この本来目的、機能を発揮するための必須条件として、一体的にあるいは付帯して具備しなければならない施設を検討する。これらの双方の施設が持つ副次効果、あるいは別の施設をわずかに追加することで、別の需要の本来目的が発揮できるが、さらにどのような波及効果があるかについて巾広く調べてみる。一つの施設はこれら4つの機能・効果を常に持ち合せているので、それらの相乗効果がなお一層公共施設として有益な機能を発揮するよう努める必要がある。

2. 4つの機能・効果は経年によって、その価値感には変動があるというものの基本理念においては変わらない。
3. 複雑な組み合わせ機能を兼ね備える巨大社会資本としての、大阪モノレール事業を例にとってみると、固定施設としての評価・判定も、営業運転という別の主要因に影響される。このように土木構造物の整備水準を検討するにあたっては、計画策定論の原点に戻った目的意識に立脚することが必要である。
4. 複雑多岐な社会資本としての、公共施設の要因分析を行うとき、その目的意識と将来の変化にたいする施設が対応しやすい自由さの要因分析などについて、専門的知識を有する多人数による評価・判定組織の確立から始めることが必要である。
5. 路線施設としての土木構造物は、施設機能論よりも耐力強度論が優先することが多い。また、公共施設の設計基準値は、法令で定められた規定によって整備し、その供用法を法令で制限する場合と、事業者がまづ整備目的意識を明確にして、その哲学をまとめて、それに適合する基準値を事業者自身の責任で決める規程の両者の取扱い方がある。道路は前者であり、鉄軌道は後者である。また、公的資金の拠出法によってモノレール軌道のように両者混在型もある。
6. 5項の例外的取り扱い法は、法令で定められている。
7. 本来機能が類似の施設は、量と質では異なるが、類似の余剰施設を持っている。



8. 土木構造物の強度論を述べるにあたって、施工段階における時系列に発生する現象を広く取りあげる必要がある。
9. 予見できない将来的な現象に遭遇しても、耐力強度は保証する必要がある場合が多い。予見できなかった不可抗力現象にも、行政団体は広域的・地域的対策をたてる。しかしながら、その対策には長時間を要し、通常構造物の破損・破壊からみると後追になることが多い。
10. 土木構造物はその規模から、構造系全体については非破壊試験、構造部材については非破壊及び破壊試験によって、強度設計理論と実際構造物の強度を校閲できるが、通常はSimulation Model による机上計算、あるいは縮尺模型による実験室実験によることが多い。従って、Simulationを行うにあたっての相似律は重要である。
11. とくにSimulation Modelの材料材質が異なるとき、応力ひずみ曲線の実験域を実物構造物と同様域で、またその縮尺比は実際構造物の力学相似性状をもっとも忠実に表現する要因に整理したModel取扱が求められる。

第4章は实际的に構造物の設計管理を行うにあたっての要因分析の取り組み方を提案した。

1. 土木構造物の信頼性を高め、機能劣化を防ぐための配慮点として、需要ニーズの量と質の整理にたいして、機能を提供するため施設の構造形式、規模、供用期間、備品度などの送別選択と、これらの多面の事柄についての本来機能、余剰施設、副次効果、波及効果への分析を時系列の各段階について行う必要がある。
2. 上記のように複錯する多くの要因をうけて、土木構造物を計画するには、Process, Select, Priorityの3要素を順序よく取り組むことが必要である。
3. このような多くの要因を統括して土木構造物を計画するためには、設計計画管理を担当するシステム技術者の資質がもっとも要求される。
4. 公共土木構造物は個別特性をもつ巨大・重要施設と、既存汎用型の中小・軽易な補完施設に分けてみると、その整備水準を選定する目的意識の順序が異なる。おおまかな概念として前者は強度>機能、後者は機能>強度の優先度をもとに要因分析が求められる。
5. 第4項の前者は、供用期間の長い社会的備品であるので、類似の既存施設がうけた履歴・事故発生による現象追求、簡易モデル、生態系に写像しながら計画管理の基本システムと要因分析を行うのは有効な手法である。
6. 構造物自身の計画管理にとどまらず、集団社会への都市基盤づくりに及ぼす影響の大きさを考慮して、機能・強度劣化を除くための配慮が求められる。

7. 第4項の後は、計画施設の第一義の本来目的を、他の需要から多面的に眺め、余剰施設・副次機能・波及効果の組み合わせについて広く調査すること。
8. 強度については、機能上からくる供用期間・寿命を消耗的配慮にたてて行うこと。
9. 専用使用目的の土木施設は、その整備水準を決めるにあたって、個別特性による整備哲学をまとめること。
10. 専用使用から生ずる外力を整理し、その抵抗力を単純化した部材断面に一度整理し、その後性能追求のために組み立て材とするのは、有効である。さらに、その作業を順次繰返して最適化を求める。
11. 土木構造物は非破壊試験によることが多い。従ってSimulation Modelを考えるにあたって、同種の挙動を表現する相似律によるMiniature Modelを用いること。
12. ケント紙等による簡易模型も、傾向を見落さないためには有効なSimulation法の一つである。

第5章では既存構造物の履歴から新設の土木構造物の計画管理システムのあり方を眺め、Revised /Renewal Systemの重要性をのべた

1. 既設構造物の実態を調べたところ、その供用期間の長さから、現在の裁荷荷重基準値を下回る施設が多い。それでも土木構造物としての信頼性を求められる。
2. 既存施設の維持補修・補強にたいする予算措置も、便益を直接計量化しない財政学的予算要素が強い。従って華やかさの少ない維持費は切り捨てられる場合が多い。
3. 設計作業を上回る資質の技術者による維持保守システム作りが望ましいが、現在の社会実態に照らし合わせたとき、適応されている例が少ない。従って、当面の措置としても一次現場調査による調査報告、二次現物の補修・補強対策の組織体勢作りが急務である。
4. これらのために汎例集による教則本などの整備が急がれるところである。この努力はまた基本システムの要因分析に重要な情報を提供する。
5. 公共施設の計画にあたって、予測しがたい将来課題の抽出と、そのために最小限具備しなければならない構造部材の余裕などを、以上のような努力によって得ることができる。そして、設計時にそれを内蔵負荷しておくのも公共物を担当技術者としての責務と考えられる。

以上公共施設としての土木構造物を設計管理するための最適化の手法としては、整備意識・施設建設・供用運用を3本柱として、時系列的な基本システムをまとめ、相似・類似施設と対比しながらその要因分析を行い、そこで得た要因の分析結果を基本システムとしながら、これにそれぞ

れの段階で得た要因分析とその優先度評価を加えて改訂して、システムを更新すること、これら一連の作業を繰り返すことによって今後への設計管理戦略とした。そしてRevised /Renewal /Recycle System作りがこれからの公共物の設計管理システムにたいする具体的で詳細な知見としてここに考究した。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたって、終始温かいご指導ご鞭撻を賜った京都大学工学部 佐佐木綱先生、白石成人先生 ならびに恩師の先生方に深甚な謝意を表するとともに、今後は微力ながら土木行政を通じて先生方に報恩する所存である。

また、本研究をまとめるにあたって、道路・鉄軌道・橋梁など巾広い論文を利用させていただいたが、それらは従前からいろいろの形でお寄せいただいたご協力・ご支援・ご指導の結晶で、改めてご友誼にたいして謝意を表したい。